

めっき装置及び方法

発明の背景

発明の技術分野

本発明は、基板の被めっき処理面にめっきを施すめっき装置及び方法に関し、特に半導体ウェハ等の表面に設けられた微細な配線用溝やプラグ、レジスト開口部にめっき膜を形成したり、半導体ウェハの表面に半導体チップと基板とを電気的に接続するパンプ（突起状電極）を形成するのに使用して好適なめっき装置及び方法に関する。

関連技術の記載

図30は、従来の一般的な半導体基板に銅等のめっきを行うめっき装置の概略構成を示す。図30に示すように、従来の基板めっき装置は、めっき液Qを収容し、半導体ウェハ等の基板Wと陽極電極412とを互いに対面するように配置するめっき槽411を備えている。そして、基板Wと陽極電極412との間にめっき電源413を接続し、所定の電圧を印加することで、陽極電極412である銅板等からイオン化した電流を形成して基板Wの表面（被めっき処理面）にめっき膜を形成するように構成されている。即ち、基板Wは、基板ホルダ414に着脱自在に保持され、例えば含リン銅からなる陽極電極412との間にめっき電流が流れ、銅がイオン化してめっき電流により運ばれ、基板Wの表面に付着することによりめっき膜が形成される。めっき槽411の壁面415をオーバーフローしためっき液Qは捕集槽416に回収され、ポンプ420、温度調整槽421、フィルタ422及び流量計423等からなるめっき液循環系を介して再びめっき槽411に注入される。

半導体のウェハ等の基板に設けられた微細な配線溝やプラグ、または濡れ性の悪いレジストの開口部の中にめっき膜を形成する場合、めっき液や前処理液がこの微細な配線溝やプラグ、レジストの開口部内に浸入せず、これら配線溝やプラグ、レジストの開口部内に気泡が残ってしまうという問題があり、めっき欠け、めっきぬけの原因となっていた。

従来、このめっき欠け、めっきぬけを防止するため、めっき液に界面活性剤を加えてめっき液の表面張力を下げることによって、被めっき基板の微細な配線溝やプラグ、レジストの開口部へのめっき液の浸入を図っていた。しかしながら、表面張力が下がることによってめっき液循環中に気泡が発生し易いという問題がある。また、めっき液に新たな界面活性剤を加えることによって、めっき析出に異常が起き、めっき膜への有機物の取り込みが増え、めっき膜の特性に悪影響を与える恐れがあるなどの問題があった。

一方、例えば、TAB (Tape Automated Bonding) やフリップチップにおいては、配線が形成された半導体チップの表面の所定箇所（電極）に金、銅、はんだ、或いはニッケル、更にはこれらを多層に積層した突起状接続電極（バンパ）を形成し、このバンパを介して基板電極やTAB電極と電気的に接続することが広く行われている。このバンパの形成方法としては、電解めっき法、蒸着法、印刷法、ボールバンパ法といった種々の手法があるが、半導体チップのI/O数の増加、細ピッチ化に伴い、微細化が可能で性能が比較的安定している電解めっき法が多く用いられるようになってきている。

ここで、電解めっき法は、半導体ウエハ等の基板の被めっき処理面を下向き（フエースダウン）にして水平に置き、めっき液を下から噴き上げてめっきを施す噴流式またはカップ式と、めっき槽の中に基板を垂直に立て、めっき液をめっき槽の下から注入しオーバーフローさせつつ基板をめっき液中に浸漬させてめっきを施すディップ式に大別される。ディップ方式を採用した電解めっき法は、めっきの品質に悪影響を与える泡の抜けが良く、フットプリントが小さいばかりでなく、ウエハサイズの変更に容易に対応できるといった利点を有している。このため、埋込み穴の寸法が比較的大きく、めっきにかなりの時間を要するバンパめっきに適していると考えられる。

つまり、配線が形成された基板の所定位置にバンパを形成する際には、図29Aに示すように、基板Wの表面に給電層としてのシード層500を成膜し、このシード層500の表面に、例えば高さHが20～120 μ mのレジスト502を全面に塗布した後、このレジスト502の所定の位置に、例えば直径Dが20～

200 μ m程度の開口部502aを設け、この状態で基板Wの表面にめっきを施すことで、開口部502a内にめっき膜504を成長させてパンプ506を形成するようにしている（図29B～図29E参照）。しかし、フェースダウン方式を採用した電解めっき法で基板Wにパンプ506を形成すると、特にレジスト502が疎水性の場合、図29Aに仮想線で示すように、めっき液中に気泡508ができて、この気泡508が開口部502a内に残りやすくなってしまう。

一方、従来のディップ方式を採用した電解めっき装置にあっては、気泡が抜けやすくてできる反面、半導体ウェハ等の基板をその端面と裏面をシールし表面（被めっき処理面）を露出させて保持する基板ホルダを備え、この基板ホルダを基板ごとめっき液中に浸漬させて基板の表面にめっきを施すようにしている。このため、基板のロードからめっき処理、更にはめっき後のアンロードまでを完全に自動化することが困難であるばかりでなく、めっき装置としてかなり広い占有面積を占めてしまうといった問題があった。

発明の要旨

本発明は上記に鑑みて為されたもので、めっき液に界面活性剤を加えることなく、基板に形成された微細な配線溝やプラグ、レジストの開口部にめっき液を侵入させることができ、めっき欠け、めっきぬけの発生しないめっきを行うことができるめっき装置および方法を提供することを第1の目的とする。

また、気泡の抜けが比較的良好なディップ方式を採用し、広い占有面積を占めることなく、パンプ等の突起状電極に適した金属めっき膜を自動的に形成できるようにしためっき装置を提供することを第2の目的とする。

本発明のめっき装置の第1の実施形態は、基板の端面及び裏面を気密的にシールし表面を露出させて保持する開閉自在な基板ホルダと、めっき液中にアノードを浸漬させて該めっき液を保持するめっき槽と、前記めっき槽内に位置して前記アノードと前記基板ホルダで保持した基板との間に配置される隔膜と、前記めっき槽内の前記隔膜で区画された各領域内にめっき液を循環させるめっき液循環系と、前記めっき液循環系の少なくとも一方に設けられた脱気装置とを有すること

を特徴とする。

上述のように、基板と陽極電極（アノード）との間にイオン交換膜または多孔質中性隔膜等の隔膜を配置することにより、陽極電極側で発生したパーティクルが隔膜で基板側に流れることを防止することができる。

そして、めっき槽内の隔膜で区画された各領域内にめっき液を循環させるめっき液循環系の少なくとも一方に脱気装置を備え、めっき液中の気体を脱気してめっきを行うようにすることで、めっき液の溶存気体濃度を低く保つことができ、気泡がでにくく、めっき欠けのないめっきを行うことができる。

ここで、前記脱気装置の下流側に、めっき液の溶存酸素濃度をモニタする装置を更に備えることが好ましい。このように、めっき液循環系統に溶存酸素計を備え、溶存酸素計によって溶存気体を管理することで、めっき液の溶存気体濃度を一定に保つことができ、常に安定した高品質のめっきを行うことができる。

また、前記脱気装置は、少なくとも脱気膜と真空ポンプとを有しており、該脱気装置の減圧側の圧力を制御することが好ましい。これにより、めっき液中から容易に溶存気体の脱気を行うことができる。

本発明の基板めっき方法は、めっき槽内に保持しためっき液中に浸漬させた基板とアノードとの間に隔膜を配置し、この隔膜で区画されためっき槽の各領域内にめっき液を循環させて電解めっきを行うにあたり、脱気装置を介して、溶存酸素濃度が 4 mg/l (4 ppm) から $1 \mu\text{g/l}$ (1 ppb) の間になるようにめっき液を管理しながらめっきすることを特徴とする。

本発明のめっき装置の第2の実施形態は、基板を収納したカセットを搭載するカセットテーブルと、基板の端部及び裏面を気密的にシールし表面を露出させて保持する開閉自在な基板ホルダと、前記基板ホルダを載置して基板の着脱を行う基板着脱部と、前記カセットテーブルと前記基板着脱部との間で基板を搬送する基板搬送装置と、基板を垂直に立てて前記基板ホルダと共に収納し下からめっき液を注入してアノードと対面する基板の表面にめっきを施すめっき槽と、前記基板ホルダを把持して昇降自在なトランスポートを備え、前記基板着脱部と前記めっき槽との間で前記基板ホルダを搬送する基板ホルダ搬送装置とを有することを

特徴とする。

これにより、基板を収納したカセットをカセットテーブルにセットして装置を始動することで、ディップ方式を採用した電解めっきを全自動で行って、基板の表面にバンプ等に適した金属めっき膜を自動的に形成することができる。

前記めっき槽は、例えば内部に1枚の基板を収納してめっきを施すようにした複数のめっきユニットを、内部に空電解用の電極を配置したオーバーフロー槽内に収納して構成されている。これにより、オーバーフロー槽にめっきタンクとしての役割を果たさせて、各めっきユニット間におけるめっき膜のむらをなくするとともに、空電解の電極面を大きくして、空電解の効率を上げ、更に、循環するめっき液の多くの部分が空電解部を通過するようにして、均一なめっき液状態を形成しやすくすることができる。

前記各めっきユニットの内部に、前記アノードと基板との間に位置してめっき液を攪拌するパドルを往復移動自在に配置することが好ましい。これにより、パドルを介して基板の表面に沿っためっき液の流れを該表面の全面でより均等ににして、基板の全面に亘ってより均一な膜厚のめっき膜を形成することができる。

前記基板ホルダ搬送装置の前記めっき槽を挟んだ反対側に前記パドルを駆動するパドル駆動装置を配置することが好ましい。これにより、基板ホルダ搬送装置やパドル駆動装置のメンテナンスの便を図ることができる。

異なる種類のめっきを行うめっき槽を備え、これらの各めっき槽は、各めっきを行うめっきユニットを各オーバーフロー槽内にそれぞれ収納して構成されていてもよい。これにより、例えば、銅-ニッケル-はんだといった多層バンプを一連の処理で形成することができる。

前記めっき槽の一側面に沿った位置に局所排気ダクトを設けてもよい。これにより、局所排気ダクト方向に向かう一方方向の空気の流れを生じさせ、この流れにめっき槽から蒸発した蒸気を乗せることで、この蒸気による半導体ウェハ等の汚染を防止することができる。

前記基板着脱部とめっき槽との間に前記基板ホルダを縦置きで収納するストッカを配置し、前記基板ホルダ搬送装置は、第1のトランスポートと第2のトラン

スポータとを有するようにしてもよい。これにより、搬送を別々のトランスポートで行うことで、基板ホルダの搬送をスムーズに行ってスループットを向上させることができる。

前記基板着脱部は、前記基板ホルダに基板を装着した時の該基板と接点との接触状態を確認するセンサを備え、前記第2のトランスポートは、前記基板と接点との接触状態が良好なもののみを後工程に搬送するようにしてもよい。これにより、基板ホルダに基板を装着した時に該基板と接点との間に接触不良が生じても、装置を停止させることなく、めっき作業を継続することができる。この接触不良を生じた基板にはめっき処理が施されないが、この場合には、カセットを戻した後にめっき未処理の基板をカセットから排除することで、これに対処することができる。

前記基板ホルダ搬送装置は、前記トランスポートの移動方式としてリニアモータ方式を採用していてもよい。これにより、長距離移動を可能にするとともに、装置の全長をより短くし、更に長いボールネジなどの精度とメンテナンスを要する部品を削減することができる。

前記ストックと前記めっき槽との間に、ブリュエット槽、ブロー槽及び水洗槽を配置してもよい。これにより、まず、基板をブリュエット槽内で純水に浸漬し表面を濡らして親水性を良くした後、めっきを行い、しかる後、水洗槽で純水洗浄して、ブロー槽で洗浄後の水切りを行うといった一連のめっき処理を同一設備内で連続して行うことができる。なお、はんだや銅等、酸化して酸化膜ができる金属のめっきを行う場合には、ブリュエット槽の後段にブリゾーク槽を配置し、このブリゾーク槽でシード層表面の酸化膜を薬液によりエッチング除去してからめっきを施すことが好ましい。

前記基板着脱部は、前記基板ホルダを2個横方向にスライド自在に並列して載置できるように構成されていてもよい。これにより、基板ホルダを開閉させる開閉機構を1台で済ますとともに、基板搬送装置を横移動させる必要をなくすることができる。

本発明の突起状電極形成用めっき装置の第1の実施形態は、配線が形成された

基板の上に突起状電極を形成するめっき装置であって、基板カセットを置くカセットテーブルと、基板にめっきを施すめっき槽と、めっきされた基板を洗浄する洗浄装置と、洗浄された基板を乾燥させる乾燥装置と、めっき槽内のめっき液を脱気する脱気装置と、めっき液の成分を分析し、この分析結果に基づいてめっき液に成分を追加するめっき液管理装置と、基板を搬送する基板搬送装置とを備えたことを特徴とする。

本発明の突起状電極形成用めっき装置の第2の実施形態は、配線が形成された基板の上に突起状電極を形成するめっき装置であって、基板カセットを置くカセットテーブルと、基板に対して濡れ性を良くするためのプリウェット処理を施すプリウェット槽と、該プリウェット槽でプリウェット処理を施した基板にめっきを施すめっき槽と、めっきされた基板を洗浄する洗浄装置と、洗浄された基板を乾燥させる乾燥装置と、めっき槽内のめっき液を脱気する脱気装置と、基板を搬送する基板搬送装置とを備えたことを特徴とする。

本発明の突起状電極形成用めっき装置の第3の実施形態は、配線が形成された基板の上に突起状電極を形成するめっき装置であって、基板カセットを置くカセットテーブルと、基板に対してプリソーク処理を施すプリソーク槽と、該プリソーク槽でプリソーク処理を施した基板にめっきを施すめっき槽と、めっきされた基板を洗浄する洗浄装置と、洗浄された基板を乾燥させる乾燥装置と、めっき槽内のめっき液を脱気する脱気装置と、基板を搬送する基板搬送装置とを備えたことを特徴とする。

本発明の突起状電極形成用めっき装置の第4の実施形態は、少なくとも2種類以上の金属をめっきして基板の上に突起状電極を形成するめっき装置であって、前記各金属のめっきを個別に施す複数のめっき槽と、基板を搬送する基板搬送装置とを備え、前記複数のめっき槽は、前記基板搬送装置の基板搬送経路に沿って配置されていることを特徴とする突起状電極形成用めっき装置である。

本発明の突起状電極形成用めっき装置の第5の実施形態は、配線が形成された基板の上に突起状電極を形成するめっき装置であって、基板カセットを置くカセットテーブルと、基板にめっきを施すめっき槽と、めっきされた基板を洗浄する

洗浄装置と、洗浄された基板を乾燥させる乾燥装置と、めっき槽内のめっき液を脱気する脱気装置と、前記めっき後の基板をアニールするアニール部と、基板を搬送する基板搬送装置とを備えたことを特徴とする。

本発明の突起状電極形成用のめっき方法の第1の実施形態は、配線が形成された基板の上に突起状電極を形成するにあたり、カセットから取り出した基板を基板ホルダで保持する工程と、この基板ホルダで保持した基板にブリュエット処理を施す工程と、このブリュエット後の基板を基板ホルダごとめっき液中に浸漬させて基板の表面にめっきを施す工程と、このめっき後の基板を基板ホルダごと洗浄し乾燥する工程と、この洗浄・乾燥後の基板を基板ホルダから取り出して基板のみを乾燥する工程とを有することを特徴とする。

本発明の突起状電極形成用のめっき方法の第2の実施形態は、配線が形成された基板の上に突起状電極を形成するにあたり、カセットから取り出した基板を基板ホルダで保持する工程と、この基板ホルダで保持した基板にブリソーク処理を施す工程と、このブリソーク後の基板を基板ホルダごとめっき液中に浸漬させて基板の表面にめっきを施す工程と、このめっき後の基板を基板ホルダごと洗浄し乾燥する工程と、この洗浄・乾燥後の基板を基板ホルダから取り出して基板のみを乾燥する工程とを有することを特徴とする。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1の実施の形態のめっき装置の概略図である。

図2は、本発明の第2の実施の形態のめっき装置の概略図である。

図3Aは、本発明の第3の実施の形態のめっき装置の全体配置図で、図3Bは、その変形例を示す全体配置図で、図3Cは、他の変形例を示す全体配置図で、図3Dは、めっき液管理装置の配置例を示す配置図で、図3Eは、めっき液管理装置の他の配置例を示す配置図である。

図4は、基板ホルダの平面図である。

図5は、基板を基板ホルダの内部に装着してシールした状態を示す拡大断面図である。

図 6 は、同じく、基板に給電する状態を示す拡大断面図である。

図 7 は、基板ホルダ搬送装置のリニアモータ部（走行部）を示す平面図である。

図 8 は、図 7 の正面図である。

図 9 は、トランスポートの正面図である。

図 10 は、トランスポートのアーム部回転機構を仮想線で示す平面図である。

図 11 は、アーム部に備えられた把持機構の平面図である。

図 12 は、同じく、縦断正面図である。

図 13 は、銅めっき槽の平面図である。

図 14 は、図 13 の縦断正面図である。

図 15 A は、銅めっき槽の縦断側面図で、図 15 B は、ブリュエット槽の縦断側面図である。

図 16 は、銅めっき槽の拡大断面図である。

図 17 は、銅めっきユニットの拡大断面図である。

図 18 は、図 3 A における銅めっき槽配置部の断面図である。

図 19 は、銅めっきユニットのめっき液注入孔付近の拡大断面図である。

図 20 は、パドル駆動装置の平面図である。

図 21 は、同じく、縦断正面図である。

図 22 A は、本発明の第 4 の実施の形態のめっき装置を示すめっき処理部の配置図で、図 22 B は、その変形例を示す配置図である。

図 23 は、局所排気ダクト及び該排気ダクトに連通する排気ダクト孔を示す図である。

図 24 は、本発明の第 5 の実施の形態のめっき装置を示すめっき処理部の配置図である。

図 25 は、図 24 に示すめっき装置に使用されるめっきユニットを示す断面図である。

図 26 は、図 24 に示すめっき装置に使用される他のめっきユニットを示す断面図である。

図 27 は、本発明の第 6 の実施の形態のめっき装置を示すめっき処理部の配置

図である。

図 28 は、図 27 に示すめっき装置に使用されるめっきユニットを示す断面図である。

図 29 A ～ 図 29 E は、基板上にバンプ（突起状電極）を形成する過程を工程順に示す断面図である。

図 30 は、従来のめっき装置の概略図である。

好ましい実施例の詳細な説明

以下、本発明の実施の形態のめっき装置を図 1 乃至図 28 を参照して説明する。

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態のめっき装置の構成例を示す。図 1 に示すように、本基板めっき装置は、めっき電源 313 に接続された陰極（基板 W）と陽極電極（アノード）312 との間に、隔膜としての陽イオン交換膜 318 を配置している。ここで、陽イオン交換膜（隔膜）318 はめっき槽 311 の内部を基板 W の配置領域 T_1 と陽極電極 312 の配置領域 T_2 の 2 領域に区分している。この実施の形態のめっき装置は、基板 W の表面（被めっき処理面）に Cu めっき膜を形成する Cu めっき装置であり、陽極電極 312 を溶解性の陽極電極とし、めっき液を硫酸銅溶液としている。基板 W は、基板ホルダ 314 に裏面側を水密的にシールした状態で着脱自在に保持されて、めっき液 Q 中に浸漬される。

陽イオン交換膜 318 は、溶解性の陽極電極 312 より溶解した Cu イオンのみを透過するので、陽極電極 312 から溶解してくる不純物を陽イオン交換膜 318 で遮断することが可能となる。これにより、陽イオン交換膜 318 で区分された基板 W 側領域 T_1 のめっき液 Q 中のパーティクルを極力少なくすることが可能となる。

なお、上記例では基板 W と陽極電極 312 との間に陽イオン交換膜 318 を配置した例を示しているが、この陽イオン交換膜 318 に換えて微粒子除去作用を有する多孔質中性隔膜を使用しても、同様な作用効果が得られる。

上記陽イオン交換膜 318 は、電気エネルギーによりイオンを選択的に透過分離させる性質を有し、市販のものをを用いることができる。この陽イオン交換膜 3

18としては、例えば、株式会社旭硝子製の商品名「セレミオン」等が挙げられる。また、多孔質中性隔膜としては、合成樹脂からなる極めて小さく、均一な孔径を有する多孔質膜が用いられる。例えば、ユアサイオニクス株式会社製の骨材にポリエステル不織布を用い、膜材質がポリフッ化ビニリデン+酸化チタンの商品名「YUMICRON」が挙げられる。

めっき槽311の基板W側には、めっき槽311の壁部315をオーバーフローしためっき液Qを捕集槽316に集め、これを真空ポンプ320により温度調整槽321、濾過フィルタ322、脱気ユニット（脱気装置）328、溶存酸素濃度測定装置340、流量計323を介してめっき槽311の基板W側の領域T₁に循環させる第1のめっき液循環系C₁が備えられている。ここで温度調整ユニット321は、めっき液Qの温度を所定の温度に一定に保つことで、めっき膜の成長速度を安定化させる。濾過フィルタ322は、めっき液Q中のパーティクルを除去し、これにより、めっき槽311内に注入されるめっき液Qからパーティクルを除去する。

脱気ユニット328は、めっき液循環流路C₁に沿って流れるめっき液Qから溶存気体を除去する脱気装置である。脱気ユニット328は、めっき液Qの流路に対して液体を透過せず気体のみを透過する隔膜を介して液中に存在する酸素、空気、炭酸ガスなどの各種溶存気体を除去する真空ポンプ329を備えている。即ち、真空ポンプ329で脱気ユニット328中の隔膜を通してめっき液中の溶存気体を脱気する。めっき液循環流路C₁には、めっき液循環流路C₁に沿って流れるめっき液中の溶存酸素濃度を計測しモニタする溶存酸素濃度測定装置340が配置されている。そして、この計測結果に基づいて、図示しない制御装置により真空ポンプ329の回転速度を制御すること等により脱気ユニット328の減圧側の圧力を調整することができる。このような方法で、めっき液中の溶存気体濃度を任意に調整することが可能である。溶存酸素濃度としては、4mg/l（4ppm）から1μg/l（1ppb）程度に制御することが好ましい。これにより、めっき液中の溶存する気泡をほぼゼロとすることができ、良好なめっき膜の形成を行うことができる。

流量計 323 は、めっき液循環系 C_1 に沿って流れるめっき液 Q の循環流量を計測し、図示しない制御装置にこの信号を伝達する。制御装置では、真空ポンプ 320 の速度を制御すること等によりめっき液循環系 C_1 を循環するめっき液 Q の量を所定の一定値に保ち、これによりめっき槽 311 において安定しためっきが行われる。

めっき槽 311 の陽イオン交換膜（隔膜）318 の陽極電極 312 側には、めっき槽 311 をオーバーフローしためっき液 Q をポンプ 320 で温度調整槽 321、濾過フィルタ 322、流量計 323 を通してめっき槽 311 の陽極電極側の領域 T_2 に循環させる第 2 のめっき液循環系 C_2 が備えられている。ここで第 2 のめっき液循環系 C_2 に沿って流れるめっき液 Q の流量は、流量計 323 で計測される。そして、図示しない制御装置で真空ポンプ 320 の速度を制御する等の方法により、循環流量を一定に保つように制御される。

図 2 は、本発明の第 2 の実施の形態のめっき装置を示す。この実施の形態においては、陽イオン交換膜（隔膜）318 の陽極電極側に備えた第 2 のめっき液循環系 C_2 にも脱気ユニット（脱気装置）328 および溶存酸素濃度測定装置 340 を配置している。これにより、めっき槽 311 の陽イオン交換膜 318 を隔てた基板 W （陰極）側の領域 T_1 と陽極電極 312 側の領域 T_2 の両方でそれぞれめっき液 Q を循環させつつ脱気を行っている。従って、図 1 に示す実施の形態に対して、更にめっき液中の気泡量を低減することが可能となる。

なお、図示はしないが、陽イオン交換膜（隔膜）318 の陽極電極 312 側に備えためっき液循環系 C_2 にのみ脱気ユニット（脱気装置）328 を配置し、基板 W 側に備えためっき液循環系 C_1 は、脱気ユニット（脱気装置）328 を省略してもよい。これによっても、めっき液中の銅イオンは陽極電極 312 側から基板 W 側に電流により運ばれるので、溶存気体量の極めて少ないめっき液を基板側に供給することができる。

上記のように、めっき槽 311 のめっき液循環系 C_1 及び／または C_2 に脱気ユニット 328 を設けることにより、めっき槽 311 をオーバーフローして捕集槽 316 に集まっためっき液には気泡が混入するが、脱気ユニット 328 を通るこ

とにより該気泡は除去される。その結果、めっき液Q中の溶存酸素および各種の溶存気体が除去され、該溶存気体によるめっき液の液反応が防止され、めっき液の副反応や劣化を抑えた安定なめっき環境を得ることができる。

なお、上記実施の形態においては、半導体基板に銅めっきを行う例について説明したが、被めっき物としては半導体ウェハに限らず、各種基板に適用することが可能であり、陽極電極としても銅以外の各種金属を用いることが可能である。また、脱気装置および溶存酸素濃度測定装置は、めっき液の循環流路に配置する例について説明したが、めっき槽中に配置するようにしてもよい。このように本発明の趣旨を逸脱することなく、種々の変形実施例が可能である。

上記実施の形態のめっき装置は、陽イオン交換膜（隔膜）318で分離されためっき液循環系統C₁、C₂の少なくとも一方に脱気ユニット（脱気装置）328を備え、脱気後あるいは脱気しながらめっきするようにしたもので、最適なめっき条件を提供できる。従って、陽極側および陰極側どちらにも気泡が発生せず、気泡によるめっき欠けがなく且つ効率の良いめっきが可能である。

まためっき液循環系C₁、C₂に溶存酸素濃度測定装置340を備え、めっき液中の溶存気体を管理するようにすることで、めっき槽のめっき液の溶存気体を低く管理することができ、基板の表面（被めっき処理面）に気泡ができにくく安定しためっきを行うことができる。

図3Aは、本発明の第3の実施の形態のめっき装置の全体配置図を示す。図3Aに示すように、このめっき装置には、半導体ウェハ等の基板Wを収納したカセット10を搭載する2台のカセットテーブル12と、基板のオリフラやノッチなどの位置を所定の方向に合わせるアライナ14と、めっき処理後の基板を高速回転させて乾燥させるスピンドライヤ16が同一円周方向に沿って備えられている。更に、この円周の接線方向に沿った位置には、基板ホルダ18を載置して基板の該基板ホルダ18との着脱を行う基板着脱部20が設けられ、この中心位置には、これら間で基板を搬送する搬送用ロボットからなる基板搬送装置22が配置されている。

なお、図3Bに示すように、基板搬送装置に22の周囲に位置して、基板Wの

表面に塗布したレジスト502（図29A～図29E参照）を剥離して除去するレジスト剥離部600、めっき後に不要となったシード層500（図29A～図29E参照）を除去するシード層除去部602、めっき後の基板Wに熱処理を施す熱処理部604を設けるようにしてもよい。また、この熱処理部604の代わりに、図3Cに示すように、めっき膜504（図29B～図29D参照）をリフローさせるリフロー部606と、リフロー後にアニールを施すアニール部608を設けるようにしてもよい。

そして、基板着脱部20側から順に、基板ホルダ18の保管及び一時仮置きを行うストック24、基板を純水に浸漬させて濡らすことで表面の親水性を良くするプリウェット槽26、基板の表面に形成したシード層表面の電気抵抗の大きい酸化膜を硫酸や塩酸などの薬液でエッチング除去するブリソーク槽28、基板の表面を純水で水洗する第1の水洗槽30a、洗浄後の基板の水切りを行うブロー槽32、第2の水洗槽30b及び銅めっき槽34が順に配置されている。この銅めっき槽34は、オーバーフロー槽36の内部に複数の銅めっきユニット38を収納して構成され、各銅めっきユニット38は、内部に1個の基板を収納して銅めっきを施すようになっている。なお、この例では、銅めっきについて説明するが、ニッケルやはんだ、更には金めっきにおいても同様であることは勿論である。

更に、これらの各機器の側方に位置して、これらの各機器の間で基板ホルダ18を基板Wとともに搬送する基板ホルダ搬送装置（基板搬送装置）40が備えられている。この基板ホルダ搬送装置40は、基板着脱部20とストック24との間で基板を搬送する第1のトランスポート42と、ストック24、プリウェット槽26、ブリソーク槽28、水洗槽30a、30b、ブロー槽32及び銅めっき槽34との間で基板を搬送する第2のトランスポート44を有している。

また、この基板ホルダ搬送装置40のオーバーフロー槽36を挟んだ反対側には、各銅めっきユニット38の内部に位置してめっき液を攪拌する掻き混ぜ棒としてのパドル202（図20及び図21等参照）を駆動するパドル駆動装置46が配置されている。

前記基板着脱部20は、レール50に沿って横方向にスライド自在な平板状の

載置プレート52を備えており、この載置プレート52に2個の基板ホルダ18を水平状態で並列に載置し、この一方の基板ホルダ18と基板搬送装置22との間で基板の受渡しを行った後、載置プレート52を横方向にスライドさせて、他方の基板ホルダ18と基板搬送装置22との間で基板Wの受渡しを行うようになっている。

前記基板ホルダ18は、図4乃至図6に示すように、矩形平板状の固定保持部材54と、この固定保持部材54にヒンジ56を介して開閉自在に取付けたリング状の可動保持部材58とを有している。そして、この可動保持部材58の固定保持部材54側の表面に、例えば塩ビ製で補強材として役割を果たすとともに、縮付けリング62との滑りを良くしたパッキンベース59を介して、リング状で一方の足を長くした略コ字状のシールパッキン60が固定保持部材54側に開口して取付けられ、固定保持部材54と反対側に、縮付けリング62が円周方向に沿った長穴62aとボルト64介して回転自在で脱出不能に保持されている。

固定保持部材54には、可動保持部材58の周辺部に位置するように、逆L字状の爪66が円周方向に沿って等間隔で立設されている。一方、縮付けリング62の外周面には、複数の突起部68が等間隔で一体に成形されているとともに、これを回転させるためのやや長穴とした通孔62bが図示では3カ所に設けられている。ここで、前記突起部68の上面及び爪66の下面は、回転方向に沿って互いに逆方向に傾斜するテーパ面となっている。

これにより、可動保持部材58を開いた状態で、固定保持部材54の中央部に基板Wを位置決めして挿入し、ヒンジ56を介して可動保持部材58を閉じた後、縮付けリング62を時計回りに回転させ、縮付けリング62の突起部68を逆L字状の爪66の内部に滑り込ませることで、固定保持部材54と可動保持部材58とを互いに締め付けてロックし、反時計回りに回転させて逆L字状の爪66から縮付けリング62の突起部68を引き抜くことで、このロックを解くようになっている。

そして、このようにして可動保持部材58をロックした時、図6に示すように、シールパッキン60の内周面側の短い足が基板Wの表面に、外周面側の長い足が

固定保持部材 5 4 の表面にそれぞれ圧接して、ここを確実にシールするようになっている。

また、図 6 に示すように、固定保持部材 5 4 には、外部電極（図示せず）に接続した導電体（電気接点）7 0 が配置されて、この導電体 7 0 の端部が基板 W の側方で固定保持部材 5 4 の表面に露出するようになっている。一方、可動保持部材 5 8 の該導電体 7 0 の露出部に対向する位置には、シールパッキン 6 0 の内部に位置して収納用凹部 7 1 が設けられ、この収納用凹部 7 1 内に横断面コ字状で下方に開口した金属接片 7 2 がばね 7 4 を介して固定保持部材 5 4 側に付勢させて収納されている。

これにより、前述のようにして、可動保持部材 5 8 をロックすると、シールパッキン 6 0 でシールされた位置で、導電体 7 0 の露出部が金属接片 7 2 の外周側の一方の足と、この金属接片 7 2 の内周側の他方の足と基板 W とがばね 7 4 の弾性力を介して電氣的に接続し、これによって、シールされた状態で基板 W に給電が行えるようになっている。

なお、導電体 7 0 の表面の、少なくとも前記金属接片 7 2 との当接面、及び該金属接片 7 2 の導電体 7 0 及び基板 W の当接面の少なくとも一方は、例えば金または白金めっきを施して、これらの各部を金属で被覆することが好ましい。また、これらを耐食性に優れたステンレス製としてもよい。

可動保持部材 5 8 の開閉は、図示しないシリングと可動保持部材 5 8 の自重によって行われる。つまり、固定保持部材 5 4 には通孔 5 4 a が設けられ、載置プレート 5 2 のこの上に基板ホルダ 1 8 を載置した時に該通孔 5 4 a に対向する位置にシリングが設けられている。これにより、シリングロッドを伸展させ通孔 5 4 a を通じて可動保持部材 5 8 を上方に押上げることで可動保持部材 5 8 を開き、シリングロッドを収縮させることで、可動保持部材 5 8 をその自重で閉じるようになっている。

この例にあっては、締付けリング 6 2 を回転させることにより、可動保持部材 5 8 のロック・アンロックを行うようになっているが、このロック・アンロック機構は、天井側に設けられている。つまり、このロック・アンロック機構は、載

置プレート52の上に基板ホルダ18を載置した時、この中央側に位置する基板ホルダ18の締付けリング62の各通孔62bに対応する位置に位置させたピンを有し、載置プレート52を上昇させ、通孔62b内にピンを挿入した状態でピンを締付けリング62の軸芯周りに回転させることで、締付けリング62を回転させるように構成されている。このロック・アンロック機構は、1個備えられ、載置プレート52の上に載置した2個の基板ホルダ18の一方をロック（またはアンロック）した後、載置プレート52を横方向にスライドさせて、他方の基板ホルダ18をロック（またはアンロック）するようになっている。

また、基板ホルダ18には、基板Wを装着した時の該基板Wと接点との接触状態を確認するセンサが備えられ、このセンサからの信号がコントローラ（図示せず）に入力されるようになっている。

基板ホルダ18の固定保持部材54の端部には、基板ホルダ18を搬送したり、吊下げ支持する際の支持部となる一对の略T字状のハンド76が接続されている。そして、ストッカ24内においては、この周壁上面にハンド76の突出端部を引っかけることで、これを垂直に吊下げ保持し、この吊下げ保持した基板ホルダ18のハンド76を基板ホルダ搬送装置40のトランスポータ42で把持して基板ホルダ18を搬送するようになっている。なお、ブリュエット槽26、ブリソーク槽28、水洗槽30a、30b、ブロー槽32及び銅めつき槽34内においても、基板ホルダ18は、ハンド76を介してそれらの周壁に吊下げ保持される。

図7及び図8は、基板ホルダ搬送装置40の走行部であるリニアモータ部80を示すもので、このリニアモータ部80は、長尺状に延びるベース82と、このベース82に沿って走行する2台のスライダ84、86とから主に構成され、この各スライダ84、86の上面にトランスポータ42、44が搭載されている。また、ベース82の側部には、ケーブルベアブラケット88とケーブルベア受け90が設けられ、このケーブルベアブラケット88とケーブルベア受け90に沿ってケーブルベア92が延びるようになっている。

このように、トランスポータ42、44の移動方式としてリニアモータ方式を採用することで、長距離移動を可能にするとともに、トランスポータ42、44

の長さを短く抑えて装置の全長をより短くし、更に長いボールネジなどの精度とメンテナンスを要する部品を削減することができる。

図9乃至図12は、トランスポート42を示す。なお、トランスポート44も基本的に同じ構成であるので、ここでは説明を省略する。このトランスポート42は、トランスポート本体100と、このトランスポート本体100から横方向に突出するアーム部102と、アーム部102を昇降させるアーム部昇降機構104と、アーム部102を回転させるアーム部回転機構106と、アーム部102の内部に設けられて基板ホルダ18のハンド76を着脱自在に把持する把持機構108とから主に構成されている。

アーム部昇降機構104は、図9及び図10に示すように、鉛直方向に延びる回転自在なボールねじ110と、このボールねじ110に螺合するナット112とを有し、このナット112にLMベース114が連結されている。そして、トランスポート本体100に固定した昇降用モータ116の駆動軸に固着した駆動プーリ118とボールねじ110の上端に固着した従動プーリ120との間にタイミングベルト122が掛け渡されている。これによって、昇降用モータ116の駆動に伴ってボールねじ110が回転し、このボールねじ110に螺合するナット112に連結したLMベース114がLMガイドに沿って上下に昇降するようになっている。

アーム部回転機構106は、図10に仮想線で示すように、内部に回転軸130を回転自在に収納し取付け台132を介してLMベース114に固着したスリーブ134と、このスリーブ134の端部にモータベース136を介して取付けた回転用モータ138とを有している。そして、この回転用モータ138の駆動軸に固着した駆動プーリ140と回転軸130の端部に固着した従動プーリ142との間にタイミングベルト144が掛け渡されている。これによって、回転用モータ138の駆動に伴って回転軸130が回転するようになっている。そして、アーム部102は、この回転軸130にカップリング146を介して連結されて回転軸130と一体となって昇降し回転するようになっている。

アーム部102は、図10の仮想線、図11及び図12に示すように、回転軸

130に連結されて該回転軸130と一体に回転する一对の側板150, 150を備え、この側板150, 150間に把持機構108が配置されている。なお、この例では、2つの把持機構108が備えられているが、これらは同じ構成であるので、一方のみを説明する。

把持機構108は、端部を側板150, 150間に幅方向自在に収納した固定ホルダ152と、この固定ホルダ152の内部を挿通させたガイドシャフト154と、このガイドシャフト154の一端(図12における下端)に連結した可動ホルダ156とを有している。そして、固定ホルダ152は、一方の側板150に取付けた幅方向移動用シリンダ158にシリンダジョイント160を介して連結されている。一方、ガイドシャフト154の他端(図12における上端)には、シャフトホルダ162が取付けられ、このシャフトホルダ162は、上下移動用シリンダ166にシリンダコネクタ164を介して連結されている。

これにより、幅方向移動用シリンダ158の作動に伴って、固定ホルダ152が可動ホルダ156と共に側板150, 150間をその幅方向に移動し、上下移動用シリンダ166の作動に伴って、可動ホルダ156がガイドシャフト154にガイドされつつ上下に移動するようになっている。

この把持機構108でストッカ24等に吊下げ保持した基板ホルダ18のハンド76を把持する時には、ハンド76との干渉を防止しつつ可動ホルダ156をこの下方まで下げ、しかる後、幅方向移動用シリンダ158を作動させて、固定ホルダ152と可動ホルダ156をハンド76を上下から挟む位置に位置させる。この状態で、上下移動用シリンダ166を作動させて、可動ホルダ156を固定ホルダ152と可動ホルダ156で挟持して把持する。そして、この逆の動作を行わせることで、この把持を解く。

なお、図4に示すように、基板ホルダ18のハンド76の一方には、凹部76aが設けられ、可動ホルダ156の該凹部76aに対応する位置には、この凹部76aに嵌合する突起168が設けられて、この把持を確実なものとすることができるように構成されている。

図13乃至図16は、4個の銅めっきユニット38を2列に収納した銅めっき

槽 3 4 を示す。なお、図 3 A に示す 8 個の銅めっきユニット 3 8 を 2 列に収容するようにした銅めっき槽 3 4 も基本的には同じ構成である。銅めっきユニットをこれ以上増やしても同様である。

この銅めっき槽 3 4 は、上方に開口した矩形ボックス状に形成されたオーバーフロー槽 3 6 を備え、このオーバーフロー槽 3 6 の周壁 1 7 0 の上端は、この内部に収納する各銅めっきユニット 3 8 の周壁 1 7 2 の上端 1 8 0 よりも上方に突出するように構成されている。そして、この内部に銅めっきユニット 3 8 を収納した時に、銅めっきユニット 3 8 の周囲にめっき液流路 1 7 4 が形成され、このめっき液流路 1 7 4 にポンプ吸込口 1 7 8 が設けられている。これによって、銅めっきユニット 3 8 をオーバーフローしためっき液は、めっき液流路 1 7 4 を流れてポンプ吸込口 1 7 8 から外部に排出されるようになっている。なお、このオーバーフロー槽 3 6 には、各めっきユニット 3 8 内のめっき液の液面を均一に調整する液面レベラが設けられている。

ここで、図 1 3 及び図 1 5 A に示すように、銅めっきユニット 3 8 の内周面には、基板ホルダ 1 8 の案内となる嵌合溝 1 8 2 が設けられている。

そして、前述のように、めっきユニット 3 8 をオーバーフローしためっき液 Q をオーバーフロー槽 3 6 に集め、これを真空ポンプ 3 2 0 により温度調整槽 3 2 1、濾過フィルタ 3 2 2、脱気ユニット（脱気装置）3 2 8、溶存酸素濃度測定装置 3 4 0、流量計 3 2 3 を介してめっきユニット 3 8 の内部に戻すめっき液循環系 C₃ が備えられている。脱気ユニット 3 2 8 は、めっき液 Q の流路に対して液体を透過せず気体のみを透過する隔膜を介して液中に存在する酸素、空気、炭酸ガスなどの各種溶存気体を除去する真空ポンプ 3 2 9 を備えている。

更に、このめっき液循環系 C₃ に分岐して、例えば全めっき液量の 1 / 1 0 を取り出してめっき液を分析し、この分析結果に基づいてめっき液に不足する成分を追加するめっき液管理装置 6 1 0 が備えられている。このめっき液管理装置 6 1 0 は、めっき液調整タンク 6 1 2 を備え、このめっき液調整タンク 6 1 2 内に不足する成分を追加するようになっており、このめっき液調整タンク 6 1 2 に温度コントローラ 6 1 4 や、サンプルを取り出して分析するめっき液分析ユニット

616が付設されている。そして、ポンプ618の駆動に伴って、めっき液調整タンク612からフィルタ620を通してめっき液がめっき液循環系C₃に戻るようになっている。

なお、この例では、めっき処理時間やめっきした基板の数等の外乱を予測して不足する成分を添加するフィードフォワード制御と、めっき液を分析し、この分析結果に基づいてめっき液に不足する成分を追加するフィードバック制御とを併用している。フィードバック制御のみでもよいことは勿論である。

このめっき液管理装置610は、例えば、図3Dに示すように、カセットテーブル12、基板脱着部20、ストッカ24、ブリュエット槽26、ブリュック槽28、水洗槽30a、30b及び銅めっき槽34等を収納したハウジング609の内部に配置されているが、図3Eに示すように、ハウジング609の外部に配置するようにしてもよい。

ブリュエット槽26にあっても、図15Bに示すように、ブリュエットユニット26aをオーバーフローした純水をオーバーフロー槽26bに集め、これを真空ポンプ320により温度調整槽321、濾過フィルタ322、脱気ユニット（脱気装置）328、流量計323を介してブリュエットユニット26aの内部に戻す純水循環系C₄が備えられている。脱気ユニット328は、純水の流路に対して液体を透過せず気体のみを透過する隔膜を介して液中に存在する酸素、空気、炭酸ガスなどの各種溶存気体を除去する真空ポンプ329を備えている。また、純水循環系C₄に純水を供給する純水タンク330が備えられている。

また、図16に示すように、オーバーフロー槽36のめっき液流路174の内部には、空電解用のカソード184とアノード186が配置されている。このアノード186は、例えばチタン製のバスケットからなり、内部に銅等のチップを入れるようになっている。これにより、オーバーフロー槽36にめっきタンクとしての役割を果たさせて、銅めっきユニット38間におけるめっき膜のむらをなくするとともに、空電解の電極面を大きくして、空電解の効率を上げ、更に、循環するめっき液の多くの部分が空電解部を通過するようにして、均一なめっき液状態を形成しやすくすることができる。

図 1 7 は、銅めっきユニット 3 8 の断面を示す。同 1 7 に示すように、銅めっきユニット 3 8 の内部には、この嵌合溝 1 8 2（図 1 3 及び図 1 5 A 参照）に沿って基板 W を装着した基板ホルダ 1 8 を配置した時、この基板 W の表面と対面する位置にアノード 2 0 0 が配置され、このアノード 2 0 0 と基板 W との間にパドル（掻き混ぜ棒）2 0 2 がほぼ垂直に配置されている。このパドル 2 0 2 は、下記に詳述するパドル駆動装置 4 6 によって、基板 W と平行に往復移動できるようになっている。

このように、基板 W とアノード 2 0 0 との間にパドル 2 0 2 を配置し、これを基板 W と平行に往復移動させることで、基板 W の表面に沿っためっき液の流れを該表面の全面でより均等にして、基板 W の全面に亘ってより均一な膜厚のめっき膜を形成することができる。

また、この例では、基板 W とアノード 2 0 0 との間に、基板 W の大きさに見合った中央孔 2 0 4 a を設けたレギュレーションプレート（マスク）2 0 4 を配置している。これにより、基板 W の周辺部の電位をレギュレーションプレート 2 0 4 で下げて、めっき膜の膜厚をより均等化することができる。

図 1 8 は、このめっき装置の銅めっき槽 3 4 を配置した部分の断面を示し、図 1 9 は、図 1 8 におけるめっき液注入部の詳細を示す。図 1 8 に示すように、銅めっきユニット 3 8 の内部には、その下方にあるめっき液供給管 2 0 6 からめっき液が供給され、オーバーフロー槽 3 6 をオーバーフローしためっき液は、下部のめっき液排出管 2 0 8 を通して排出される。

ここで、図 1 9 に示すように、めっき液供給管 2 0 6 は、銅めっきユニット 3 8 の底部で該銅めっきユニット 3 8 の内部に開口しており、この開口端に整流板 2 1 0 が取付けられて、この整流板 2 1 0 を通してめっき液が銅めっきユニット 3 8 内に注入される。このめっき液供給管 2 0 6 を圍繞する位置に排液管 2 1 2 の一端が銅めっきユニット 3 8 に開口して取付けられ、この排液管 2 1 2 の他端にベント管 2 1 4 を介してめっき液排出管 2 0 8 が連結されている。これによって、めっき液供給管 2 0 6 の近傍のめっき液は、排液管 2 1 2 及びめっき液排出管 2 0 8 から排出されて、ここでのめっき液の滞留が防止されるようになってい

る。

図 20 及び図 21 は、パドル駆動装置 46 を示す。なお、この例では、複数のパドル駆動装置 46 が備えられ、図 20 及び図 21 は、2 個のみを示しているが、全て同じ構成であるので、その内の 1 個のみを説明し、他は同一符号を付してその説明を省略する。

このパドル駆動装置 46 には、パドル駆動用モータ 220 と、このモータ 220 の駆動軸に基端を連結したクランク 222 と、このクランク 222 の先端に取付けたカムフォロア 224 と、このカムフォロア 224 が摺動する溝カム 226 を有するスライダ 228 とを有している。そして、このスライダ 228 にパドルシャフト 230 が連結されて、このパドルシャフト 230 が銅めっき槽 34 を横切るように配置されている。このパドルシャフト 230 の長さ方向に沿った所定箇所にパドル 202 が垂設され、その長さ方向に沿った往復移動のみを許容するようにシャフトガイド 232 で支持されている。

これにより、パドル駆動用モータ 220 の駆動に伴って、クランク 222 が回転し、このクランク 222 の回転運動がスライダ 228 及びカムフォロア 224 を介してパドルシャフト 230 の直線運動に変換され、このパドルシャフト 230 に垂設したパドル 202 が、前述のように、基板 W と平行に往復移動するようになっている。

なお、基板の径が異なる場合には、パドルシャフト 230 に対するパドル 202 の取付け位置を任意に調節することで、これに容易に対処することができる。また、パドル 202 はめっき処理中常に往復移動しているため、摩耗が発生し、機械的な摺動によりパーティクル発生の原因ともなっていたが、この例にあっては、パドル支持部の構造を改良することにより、耐久性を改善して、問題の発生を大幅に減少させることができる。

このように構成した本発明の実施の形態のめっき装置による一連のパンプめっき処理を説明する。まず、図 29A に示すように、表面に給電層としてのシード層 500 を成膜し、このシード層 500 の表面に、例えば高さ H が 20 ~ 120 μm のレジスト 502 を全面に塗布した後、このレジスト 502 の所定の位置に、

例えば直径Dが20～200 μ m程度の開口部502aを設けた基板をその表面（被めつき処理面）を上した状態でカセット10に收容し、このカセット10をカセットテーブル12に搭載する。

このカセットテーブル12に搭載したカセット10から、基板搬送装置22で基板を1枚取り出し、アライナ14に載せてオリフラやノッチなどの位置を所定の方向に合わせる。このアライナ14で方向を合わせた基板を基板搬送装置22で基板着脱部20まで搬送する。

基板着脱部20においては、ストック24内に收容されていた基板ホルダ18を基板ホルダ搬送装置40のトランスポート42の把持機構108で2基同時に把持し、アーム部昇降機構104を介してアーム部102を上昇させた後、基板着脱部20まで搬送し、アーム部回転機構106を介してアーム部102を90°回転させて基板ホルダ18を水平な状態とする。しかる後、アーム部昇降機構104を介してアーム部102を下降させ、これによって、2基の基板ホルダ18を基板着脱部20の載置プレート52の上に同時に載置し、シリンダを作動させて基板ホルダ18の可動保持部材58を開いた状態にしておく。

この状態で、中央側に位置する基板ホルダ18に基板搬送装置22で搬送した基板を挿入し、シリンダを逆作動させて可動保持部材58を閉じ、しかる後、ロック・アンロック機構で可動保持部材58をロックする。そして、一方の基板ホルダ18への基板の装着が完了した後、載置プレート52を横方向にスライドさせて、同様に、他方の基板ホルダ18に基板を装着し、しかる後、載置プレート52を元の位置に戻す。

これにより、基板は、そのめつき処理を行う面を基板ホルダ18の開口部から露出させた状態で、周囲をシールパッキン60でめつき液が浸入しないようにシールされ、シールによってめつき液に触れない部分において複数の接点と電気的に導通するように固定される。ここで、接点からは基板ホルダ18のハンド76まで配線が繋がっており、ハンド76の部分に電源を接続することにより基板のシード層500に給電することができる。

次に、基板を装着した基板ホルダ18を基板ホルダ搬送装置40のトランスポ

一タ４２の把持機構１０８で２基同時に把持し、アーム部昇降機構１０４を介してアーム部１０２を上昇させた後、ストック２４まで搬送し、アーム部回転機構１０６を介してアーム部１０２を 90° 回転させて基板ホルダ１８を垂直な状態となし、しかる後、アーム部昇降機構１０４を介してアーム部１０２を下降させ、これによって、２基の基板ホルダ１８をストック２４に吊下げ保持（仮置き）する。

これらの基板搬送装置２２、基板着脱部２０及び基板ホルダ搬送装置４０のトランスポート４２においては、前記作業を順次繰り返して、ストック２４内に収容された基板ホルダ１８に順次基板を装着し、ストック２４の所定の位置に順次吊り下げ保持（仮置き）する。

なお、基板ホルダ１８に備えられていた基板と接点との接触状態を確認するセンサで、この接触状態が不良である判断とした時には、その信号をコントローラ（図示せず）に入力する。

一方、基板ホルダ搬送装置４０の他方のトランスポート４４にあっては、基板を装着しストック２４に仮置きした基板ホルダ１８をこの把持機構１０８で２基同時に把持し、アーム部昇降機構１０４を介してアーム部１０２を上昇させた後、ブリュエット槽２６まで搬送し、しかる後、アーム部昇降機構１０４を介してアーム部１０２を下降させ、これによって、２基の基板ホルダ１８をブリュエット槽２６内に入れた、例えば純水に浸漬させて基板の表面を濡らして表面の親水性を良くする。なお、基板の表面を濡らし穴の中の空気を水に置換して親水性をよくできるものであれば、純水に限らないことは勿論である。

なお、この時、基板ホルダ１８に備えられていた基板と接点との接触状態を確認するセンサで、この接触状態が不良であると判断した基板を収納した基板ホルダ１８は、ストック２４に仮置きしたままにしておく。これにより、基板ホルダ１８に基板を装着した時に該ウェハと接点との間に接触不良が生じても、装置を停止させることなく、めっき作業を継続することができる。この接触不良を生じた基板にはめっき処理が施されないが、この場合には、カセットを戻した後にめっき未処理の基板をカセットから排除することで、これに対処することができる。

次に、この基板を装着した基板ホルダ18を、前記と同様にして、プリソーク槽28に搬送し、プリソーク槽28に入れた硫酸や塩酸などの薬液に基板を浸漬させてシード層表面の電気抵抗の大きい酸化膜をエッチングし、清浄な金属面を露出させる。更に、この基板を装着した基板ホルダ18を、前記と同様にして、水洗槽30aに搬送し、この水洗槽30aに入れた純水で基板の表面を水洗する。

水洗が終了した基板を装着した基板ホルダ18を、前記と同様にして、めっき液を満たした銅めっき槽34に搬送し、銅めっきユニット38に吊り下げ保持する。基板ホルダ搬送装置40のトランスポータ44は、上記作業を順次繰り返して行って、基板を装着した基板ホルダ18を順次銅めっき槽34の銅めっきユニット38に搬送して所定の位置に吊下げ保持する。

全ての基板ホルダ18の吊下げ保持が完了した後、めっき液供給管206からめっき液を供給し、オーバーフロー槽36にめっき液をオーバーフローさせながら、アノード200と基板との間にめっき電圧を印加し、同時にパドル駆動装置46によりパドル202を基板の表面と平行に往復移動させることで、基板の表面にめっきを施す。この時、基板ホルダ18は銅めっきユニット38の上部でハンド76により吊り下げられて固定され、めっき電源からハンド固定部、ハンド、接点を通してシード層に給電される。

また、めっき液は、銅めっきユニット38の下部から銅めっきユニット38内に流入し、銅めっきユニット38の上部外周部からオーバーフローして、濃度調整、フィルタによる異物除去を行った後、再度銅めっきユニット38下部から銅めっきユニット38に流入する。この循環により、めっき液の濃度は常に一定に保たれる。なお、この時、空電解用のカソード184とアノード186との間に空電解用の電圧を印加することで、めっき液の状態をより均一にすることができる。

めっきが終了した後、めっき電源の印加、めっき液の供給及びパドル往復運動を停止し、めっき後の基板を装着した基板ホルダ18を基板ホルダ搬送装置40のトランスポータ44の把持機構108で2基同時に把持し、前述と同様にして、水洗槽30bまで搬送し、この水洗槽30bに入れた純水に浸漬させて基板の表

面を純水洗浄する。しかる後、この基板を装着した基板ホルダ 18 を、前記と同様にして、ブロー槽 32 に搬送し、ここで、エアの吹き付けによって基板ホルダ 18 に付着した水滴を除去する。しかる後、この基板を装着した基板ホルダ 18 を、前記と同様にして、ストッカ 24 の所定の位置に戻して吊下げ保持する。

基板ホルダ搬送装置 40 のトランスポータ 44 は、上記作業を順次繰り返し、めっきが終了した基板を装着した基板ホルダ 18 を順次ストッカ 24 の所定の位置に戻して吊下げ保持する。

一方、基板ホルダ搬送装置 40 の他方のトランスポータ 42 にあっては、めっき処理後の基板を装着しストッカ 24 に戻した基板ホルダ 18 をこの把持機構 108 で 2 基同時に把持し、前記と同様にして、基板着脱部 20 の載置プレート 52 の上に載置する。この時、基板ホルダ 18 に備えられていた基板と接点との接触状態を確認するセンサで、この接触状態が不良である判断とした基板を装着しストッカ 24 に仮置きしたままの基板ホルダ 18 も同時に搬送して載置プレート 52 の上に載置する。

そして、中央側に位置する基板ホルダ 18 の可動保持部材 58 のロックをロック・アンロック機構を介して解き、シリンダを作動させて可動保持部材 58 を開く。この状態で、基板ホルダ 18 内のめっき処理後の基板を基板搬送装置 22 で取出して、スピンドライヤ 16 に運び、このスピンドライヤ 16 の高速回転によってスピンドライ（水切り）した基板を基板搬送装置 22 でカセット 10 に戻す。

そして、一方の基板ホルダ 18 に装着した基板をカセット 10 に戻した後、或いはこれと並行して、載置プレート 52 を横方向にスライドさせて、同様にして、他方の基板ホルダ 18 に装着した基板をスピンドライしてカセット 10 に戻す。

載置プレート 52 を元の状態に戻した後、基板を取出した基板ホルダ 18 を基板ホルダ搬送装置 40 のトランスポータ 42 の把持機構 108 で 2 基同時に把持し、前記と同様にして、これをストッカ 24 の所定の場所に戻す。しかる後、めっき処理後の基板を装着しストッカ 24 に戻した基板ホルダ 18 を基板ホルダ搬送装置 40 のトランスポータ 42 の把持機構 108 で 2 基同時に把持し、前記と同様にして、基板着脱部 20 の載置プレート 52 の上に載置して、前記と同様な

作業を繰り返す。

そして、めっき処理後の基板を装着しストック２４に戻した基板ホルダ１８から全ての基板を取り出し、スピンドライしてカセット１０に戻して作業を完了する。これにより、図２９Ｂに示すように、レジスト５０２に設けた開口部５０２ａ内にめっき膜５０４を成長させた基板Ｗが得られる。

なお、図３Ｂに示すように、レジスト剥離部６００、シード層除去部６０２及び熱処理部６０４を備えためっき装置にあっては、前述のようにしてスピンドライした基板Ｗを、先ずレジスト剥離部６００に搬送し、例えば温度が５０～６０℃のアセトン等の溶剤に浸漬させて、図２９Ｃに示すように、基板Ｗ上のレジスト５０２を剥離除去する。そして、このレジスト５０２を除去した基板Ｗをシード層除去部６０２に搬送し、図２９Ｄに示すように、めっき後の外部に露出する不要となったシード層５００を除去する。次に、この基板Ｗを、例えば拡散炉からなる熱処理部６０４に搬送し、めっき膜５０４をリフローさせることで、図２９Ｅに示すように、表面張力で丸くなったバンプ５０６を形成する。更に、この基板Ｗを、例えば、１００℃以上の温度でアニールし、バンプ５０６内の残留応力を除去する。なお、下記のように、多層めっきによるバンプにあっては、このようにアニールを施すことで、バンプ５０６の合金化を図る。そして、このアニール後の基板をカセット１０に戻して作業を完了する。

また、図３Ｃに示すように、前記熱処理部６０４の代わりにリフロー部６０６とアニール部６０８とを備えためっき装置にあっては、このリフロー部６０６でめっき膜５０４をリフローさせ、このリフロー後の基板をアニール部６０８に搬送してアニールする。

なお、この例では、基板着脱部２０と銅めっきユニット３８との間に基板ホルダ１８を縦置きで収納するストック２４を配置し、基板着脱部２０とストック２４との間での基板ホルダ１８の搬送を基板ホルダ搬送装置４０の第１のトランスポート４２で、ストック２４と銅めっきユニット３８との間での基板ホルダ１８の搬送を第２のトランスポート４４でそれぞれ行うことで、不使用時の基板ホルダ１８をストック２４に保管しておき、またストック２４を挟んだ前後における

基板ホルダ18の搬送をスムーズに行ってスループットを向上させるようにしている。1つのトランスポータで全ての搬送を行うようにしても良いことは勿論である。

また、基板搬送装置22として、ドライハンドとウェットハンドを有するロボットを使用し、基板ホルダ18からめっき後の基板を取出す時のみウェットハンドを使用し、他はドライハンドを使用するようにしている。基板ホルダ18のシールによって基板の裏面はめっき液に接触しないように保たれており、原則的にはウェットハンドとすることは必ずしも必要ではないが、このようにハンドを使い分けることで、リンス水の回り込みやシール不良によるめっき液汚染が生じ、この汚染が新しい基板の裏面を汚染することを防止することができる。

また、基板カセット10にバーコードを付けたものを使用し、更に基板ホルダ18のストック24内の収納位置等の基板ホルダ18の使用状態や、基板カセット10と該カセット10に収納した基板Wとの関係や、基板ホルダ18から取り出した基板Wと基板ホルダ18との関係等を、例えばコントロールパネルから入力することで、基板カセット10から取り出しためっき処理前の基板をめっき処理後に元の位置に戻すとともに、基板Wの処理の状態や基板ホルダ18の状態を監視することができる。なお、基板自体にバーコードを付けることで、基板自体をそのまま管理するようにしてもよい。

図22A及び図23は、本発明の第4の実施の形態のめっき装置を示すもので、これは、異なる種類のめっきを行うめっき槽を備え、自由自在に工程に対応できるようにしたものである。

つまり、図22Aは、異なる種類のめっきを行うめっき槽を備えためっき処理部を示すもので、これは、ストック24、仮置き台240、ブリュエット槽26、ブリソーク槽28、第1の水洗槽30a、基板の表面にニッケルめっきを施す複数のニッケルめっきユニット242をオーバーフロー槽36a内に収納したニッケルめっき槽244、第2の水洗槽30b、基板の表面に銅めっきを施す複数の銅めっきユニット38をオーバーフロー槽36内に収納した銅めっき槽34、第3の水洗槽30c、ブロー槽32、第4の水洗槽30d、基板の表面にはんだめ

つきを施す複数のはんだめっきユニット246をオーバーフロー槽36b内に収納したはんだめっき槽248とを有している。

なお、これらのニッケルめっきユニット242やはんだめっきユニット246の構成は、基本的に銅めっきユニット38と同じであり、これらの各ユニットをオーバーフロー槽内に収容したニッケルめっき槽244やはんだめっき槽248の構成は、基本的に銅めっき槽34と同じである。また、その他の構成は、第1の実施の形態と同様である。

この実施の形態によれば、基板を基板ホルダ18に装着した状態で、この表面にニッケルめっき、銅めっき及びはんだめっきを順次に施して、ニッケル-銅-はんだからなる多層めっきによるパンプ等を一連の操作で形成することができる。

なお、この例では、4個のニッケルめっきユニット242、4個の銅めっきユニット38及び14個のはんだめっきユニット246（合計22個のめっきめっきユニット）を備えた例を示しているが、例えば図22Bに示すように、4個のニッケルめっきユニット242、4個の銅めっきユニット38及び18個のはんだめっきユニット246（合計26個のめっきユニット）を備える等、これらの各めっきユニットの個数は、任意に変更できることは勿論であり、また、各めっきユニットでめっきする金属を任意に変更できることは勿論である。

多層めっきによるパンプとしては、このNi-Cu-はんだの他に、Cu-Au-はんだ、Cu-Ni-はんだ、Cu-Ni-Au、Cu-Sn、Cu-Pd、Cu-Ni-Pd-Au、Cu-Ni-Pd、Ni-はんだ、Ni-Au等が挙げられる。ここで、このはんだとしては、高融点はんだと共晶はんだのどちらでもよい。

また、Sn-Agの多層めっきによるパンプ、またはSn-Ag-Cuの多層めっきによりパンプを形成し、前述のように、アニールを施してこれらの合金化を図ることもできる。これにより、従来のSn-Pbはんだとは異なり、Pbフリーとして、 α 線による環境問題を解消することができる。

ここで、この実施の形態にあつては、基板ホルダ搬送装置40側にこれと並行に局所排気ダクト250を設け、図23に示すように、この局所排気ダクト25

0に連通する複数の排気ダクト孔252から吸引することで、局所排気ダクト250方向に向かう一方方向の空気の流れを生じさせ、各めっき槽等の下方から天井に向かう一方方向の空気の流れができるようにしている。このように、局所排気ダクト250方向に向かう一方方向の空気の流れを生じさせ、この流れに各めっき槽から蒸発した蒸気を乗せることで、この蒸気による基板等の汚染を防止することができる。

以上説明したように、この実施の形態のめっき装置によれば、基板を収納したカセットをカセットテーブルにセットして装置を始動することで、ディップ方式を採用した電解めっきを全自動で行って、基板の表面にパンプ等に適した金属めっき膜を自動的に形成することができる。

なお、上記例は、基板ホルダで基板の周縁部及び裏面をシールして保持した状態で、基板を基板ホルダと共に搬送して各種の処理を施すようにした例を示しているが、例えばラック式の基板搬送装置に基板を収納して基板を搬送するようにしてもよい。この場合、例えば基板の裏面に熱酸化膜（Si酸化膜）を付けたり、フィルムを粘着テープによって貼り付けることで、基板の裏面にめっきが付かないようにすることができる。

また、上記例は、ディップ方式を採用した電解めっきを全自動で行って、パンプを形成するようにした例を示しているが、めっき液を下から噴き上げてめっきを施す噴流式またはカップ式の電解めっきを全自動で行って、パンプを形成するようにしてもよい。

図24は、本発明の第5の実施の形態のめっき装置のめっき処理部の要部配置図で、これは、例えば図22Aに示す水洗槽30dの後段に、噴流式またはカップ式の複数のめっきユニット700からなるめっき処理部を配置して、このめっきユニット700によって、例えば銅めっき等のめっきを施すようにしたものである。

図25は、この図24に示すめっきユニット700を示すもので、このめっき装置700は、めっき槽本体702を有し、このめっき槽本体702内に基板Wを保持するための基板保持部704が収容されている。この基板保持部704は、

基板保持ケース 706 と回転軸 708 とを有し、この回転軸 708 は、円筒状のガイド部材 710 の内壁に軸受 712、712 を介して回転自在に支持されている。そして、ガイド部材 710 と基板保持部 704 は、めっき槽本体 702 の頂部に設けたシリンダ 714 により上下に所定ストロークで昇降できるようになっている。

基板保持部 704 は、ガイド部材 710 の内部上方に設けたモータ 715 により、回転軸 708 を介して矢印 A 方向に回転できるようになっている。基板保持部 704 の内部には、基板押え板 716 及び基板押え軸 718 からなる基板押え部材 720 を収納する空間 C が設けられており、この基板押え部材 720 は、基板保持部 704 の回転軸 708 内の上部に設けられたシリンダ 722 により上下に所定ストロークで昇降できるようになっている。

基板保持部 704 の基板保持ケース 706 の下部には、空間 C に連通する下部開口 706a が設けられ、この下部開口 706a の上部には、基板 W の縁部が載置される段部が形成されている。この段部に基板 W の縁部を載置し、基板 W の上面を基板押え部材 720 の基板押え板 716 で押圧することで、基板 W の縁部は、基板押え板 716 と段部の間に挟持される。そして、基板 W の下面（めっき面）は下部開口 706a に露出する。

めっき槽本体 702 の基板保持部 704 の下方、即ち下部開口 706a に露出する基板 W のめっき面の下方にはめっき液室 724 が設けられ、めっき液 Q は複数のめっき液噴射管 726 より中心に向かって噴射される。また、めっき液室 724 の外側には、このめっき液室 724 をオーバーフローしためっき液 Q を捕集する捕集樋 728 が設けられている。

捕集樋 728 で回収されためっき液 Q は、めっき液貯留槽 730 に戻るようになっている。めっき液貯留槽 730 内のめっき液 Q は、ポンプ 732 によりめっき液室 724 の外周方向から水平方向にこの内部に導入される。めっき液室 724 の外周方向からこの内部に導入されためっき液 Q は、基板 W を回転させることで基板 W に対して均一な垂直方向の流れになって、基板 W のめっき面に当接する。めっき液室 724 をオーバーフローしためっき液 Q は、捕集樋 728 で回収され、

めっき液貯留槽 730 に流れ込む。即ち、めっき液 Q は、めっき槽本体 702 のめっき液室 724 とめっき液貯留槽 730 との間を循環するようになっている。

めっき液室 724 のめっき液面レベル L_Q は、基板 W のめっき液面レベル L_W より若干 ΔL だけ高くなっており、基板 W のめっき面は、その全面でめっき液 Q に接触するようになっている。

基板保持ケース 706 の段部には、基板 W の導電部と電気的に導通する電気接点 が設けられ、この電気接点はブラシを介して外部のめっき電源（図示せず）の陰極に接続されるようになっている。また、めっき槽本体 702 のめっき液室 724 の底部には、めっき電源（図示せず）の陽極に接続される陽極電極 736 が基板 W と対向して設けられている。基板保持ケース 706 の壁面の所定位置には、例えばロボットアーム等の基板搬出入治具で基板 W を出し入れする基板取出し開口 706c が設けられている。

この構成のめっき装置 700 において、めっきを行うに際しては、先ずシリンダ 714 を動作させ、基板保持部 704 をガイド部材 710 ごと所定量上昇させるとともに、シリンダ 722 を作動させて、基板押え部材 720 を所定量（基板押え板 716 が基板取出し開口 706c の上方に達する位置まで）上昇させる。

この状態でロボットアーム等の基板搬出入治具で基板 W を基板保持部 704 の空間 C に搬入し、基板 W をそのめっき面が下向きになるように段部に載置する。この状態でシリンダ 722 を作動させて基板押え板 716 の下面が基板 W の上面に当接するまで下降させ、基板押え板 716 と段部との間に基板 W の縁部を挟持する。

この状態でシリンダ 714 を作動させ、基板保持部 704 をガイド部材 710 ごと基板 W のめっき面がめっき液室 724 のめっき液 Q に接触するまで（めっき液面レベル L_Q より上記 ΔL だけ低い位置まで）下降させる。この時、モータ 715 を起動して、基板保持部 704 と基板 W を低速で回転させながら下降させる。めっき液室 724 にはめっき液 Q が充満している。この状態で、陽極電極 736 と電気接点の間にめっき電源から所定の電圧を印加する。すると、陽極電極 736 から基板 W へとめっき電流が流れ、基板 W のめっき面にめっき膜が形成される。

上記めっき中はモータ715を運転し、基板保持部704と基板Wを低速で回転させる。この時、めっき液室724内のめっき液Qの垂直噴流を乱すことなく、基板Wのめっき面に均一な膜厚のめっき膜を形成できるように回転速度を設定する。

めっきが終了すると、シリンダ714を作動させて、基板保持部704と基板Wを上昇させる。そして、基板保持ケース706の下面がめっき液面レベルL₀より上に達した時に、モータ715を高速で回転させ、遠心力で基板Wのめっき面及び基板保持ケース706の下面に付着しためっき液を振り切る。めっき液を振り切ったら、シリンダ722を作動させ、基板押え板716を上昇させて基板Wを開放し、基板Wが基板保持ケース706の段部に載置された状態にする。この状態で、ロボットアーム等の基板搬送治具を基板取出し開口706cから基板保持部704の空間Cに侵入させ、基板Wをピックアップして外部に搬出する。

なお、この例は、めっきユニット700として、いわゆるフェースダウン方式を採用したものを使用した例を示しているが、図26に示すように、いわゆるフェースアップ方式を採用したものを使用してもよい。

即ち、図26は、いわゆるフェースアップ方式を採用しためっきユニット800の例を示すもので、これは、基板Wをその表面（被めっき面）を上向きにして保持する上下動自在な基板保持部802と、この基板保持部802の上方に配置された電極ヘッド804とを有している。この電極ヘッド804は、下方に開口したカップ状に形成され、この上面には、めっき液供給管に接続されるめっき液供給口806が設けられ、下部開口部には、例えば多孔質材料または内部に上下に貫通する多数の貫通孔を有する板体からなる陽極電極808が取付けられている。

この電極ヘッド804の下方の位置して、電極ヘッド804の下部外周部を囲繞する位置に略円筒状で下方に従って小径となるシール材810が配置され、更に、このシール材810の外部に多数の電気接点812が配置されている。これによって、基板保持部802が基板Wを保持した状態で上昇すると、基板Wの周縁部がシール材810に当接して、このシール材810と基板Wによってめっき

室 8 1 4 が区画形成され、同時に基板 W の周縁部がシール材 8 1 0 との当接部の外方で電気接点 8 1 2 に接触して、基板 W が陰極になるようになっている。

この例によれば、基板保持部 8 0 2 で基板 W を保持して上昇させ、基板 W の上面の周縁部をシール材 8 1 0 に当接させることで、めっき室 8 1 4 を区画形成すると同時に基板 W を陰極となす。この状態で電極ヘッド 8 0 4 のめっき液供給口 8 0 6 からめっき液を電極ヘッド 8 0 4 の内部に供給し、更に陽極電極 8 0 8 を通してめっき室 8 1 4 の内部に導いて、このめっき室 8 1 4 内のめっき液に陽極電極 8 0 8 と陰極となる基板 W の表面を浸漬させる。この状態で陽極電極 8 0 8 と基板 W との間にめっき電源から所定の電圧を印加することで、基板 W の表面にめっきを施すことができる。

図 2 7 は、本発明の第 6 の実施の形態のめっき装置のめっき処理部の要部配置図で、これは、例えば図 2 4 に示す水洗槽 3 0 d の後段に、閉閉式の複数のめっきユニット 9 0 0 を両側に配置してめっき処理部を構成し、中央の搬送経路 9 0 2 に沿って、例えばロボットからなる基板搬送装置 9 0 4 が走行するようにしたものである。この例にあっては、めっきユニット 9 0 0 内の基板載置台 9 5 0 と基板搬送装置 9 0 4 との間で基板 W の受け渡しを行い、基板載置台 9 5 0 は、基板搬送装置 9 0 4 から基板 W を受け取って、この表面にめっきを施すようになっている。

図 2 8 は、この図 2 7 に示すめっきユニット 9 0 0 の一例を示すもので、これは、めっき槽本体 9 1 1 と側板 9 1 2 を具備している。めっき槽本体 9 1 1 と側板 9 1 2 は対向して配置され、めっき槽本体 9 1 1 の側板 9 1 2 に対向する面に凹部空間 A が形成されている。また、側板 9 1 2 の下端は、ヒンジ機構でめっき槽本体 9 1 1 の凹部空間 A を開閉できるようになっている。

めっき槽本体 9 1 1 の底体 9 1 1 a の凹部空間 A の底面には、不溶解性の陽極電極板 9 1 3 が配置され、側板 9 1 2 のめっき槽本体 9 1 1 側の面には基板 W が装着されている。これにより、側板 9 1 2 でめっき槽本体 9 1 1 の凹部空間 A を閉じた場合、陽極電極板 9 1 3 と基板 W は所定の間隔を設けて対向配置されることになる。また、めっき槽本体 9 1 1 には、多孔質の中性隔膜又は陽イオン交換

膜 9 1 4 が陽極電極板 9 1 3 と基板 W の間に位置するように取り付けられ、めっき槽本体 9 1 1 の凹部空間 A を該多孔質の中性隔膜又は陽イオン交換膜 9 1 4 で陽極室 9 1 5 と陰極室 9 1 6 に隔離している。

めっき槽本体 9 1 1 の上下には、上部ヘッダ 9 1 8 と下部ヘッダ 9 1 9 がそれぞれ設けられており、上部ヘッダ 9 1 8 の空隙 9 1 8 a と下部ヘッダ 9 1 9 の空隙 9 1 9 a はそれぞれ陰極室 9 1 6 に連通している。また、陽極室 9 1 5 の下部は、めっき槽本体 9 1 1 に設けられた陽極室液の入り口 9 1 1 b に連通し、上部は陽極室液のオーバーフロー口 9 1 1 c に連通している。また、めっき槽本体 9 1 1 の側部にはオーバーフロー口 9 1 1 c に隣接してオーバーフロー室 9 2 0 が設けられている。

めっき液タンク 9 2 1 に収容されためっき液は、ポンプ 9 2 2 で配管 9 2 3 を通して下部ヘッダ 9 1 9 の空隙 9 1 9 a に供給され、該空隙 9 1 9 a から陰極室 9 1 6 を満たし、更に上部ヘッダの空隙 9 1 8 a 及び配管 9 2 4 を通ってめっき液タンク 9 2 1 に戻る。また、陽極液タンク 9 2 5 に収容されためっき液はポンプ 9 2 6 で配管 9 2 7 を通して陽極室 9 1 5 に供給され、該陽極室 9 1 5 を満たした後、オーバーフロー口 9 1 1 c からオーバーフローしてオーバーフロー室 9 2 0 に流れ込み、一時的に滞留した後、排出口 9 2 0 a 及び配管 9 2 8 を通って陽極液タンク 9 2 5 に戻るようになっている。

ここで、陰極室 9 1 6 は密閉型に構成され、陽極室 9 1 5 はその上部が大気開放された開放型となっている。

めっき槽本体 9 1 1 の凹部空間 A の外周縁部には、環状のパッキン 9 2 9 が設けられており、側板 9 1 2 で凹部空間 A を閉じることにより、パッキン 9 2 9 は基板 W の外周表面に当接し、陰極室 9 1 6 を密閉空間とする。パッキン 9 2 9 の外側には外部陰極端子 9 3 0 が設けられ、側板 9 1 2 で凹部空間 A を閉じた状態で外部陰極端子 9 3 0 の先端は基板 W の導電部に当接して、電気的に導通すると共に、パッキン 9 2 9 によりめっき液に接液しないようになっている。外部陰極端子 9 3 0 と陽極電極板 9 1 3 の間にはめっき電源 9 3 1 が接続されている。

上記構成の基板めっきユニット 9 0 0 において、陰極室 9 1 6 にめっき液を充

満させ循環させると共に、陽極室915には他のめっき液を充満させオーバーフローさせながら循環させ、めっき電源931から不溶解性の陽極電極板913と陰極となる基板Wの間に電流を通電することにより、基板Wの表面にめっき膜が形成される。

なお、この例では、陽極室 915 と陰極室 916 とに区画して、それぞれの室に個別にめっき液を導入するようにしているが、中性隔膜又は陽イオン交換膜を設けなくて一つの室としてめっき液を導入するようにしてもよい。また、陽極電極板 913 として、溶解性の陽極電極板を用いることもできる。

また、他の実施例としてめっきユニット 900 内の基板載置台 950 を側板 912 を兼ねて用いることもできる。この場合、基板搬送装置 904 から基板 W を受け取った基板載置台 950 は、基板載置台 950 でめっき槽本体 911 の凹部空間 A を閉じるように動くように配される以外は、上記の実施例と同様である。

特許請求の範囲

1. 基板の端部及び裏面を気密的にシールし表面を露出させて保持する開閉自在な基板ホルダと、

めっき液中にアノードを浸漬させて該めっき液を保持するめっき槽と、

前記めっき槽内に位置して前記アノードと前記基板ホルダで保持した基板との間に配置される隔膜と、

前記めっき槽内の前記隔膜で区画された各領域内にめっき液を循環させるめっき液循環系と、

前記めっき液循環系の少なくとも一方に設けられた脱気装置とを有することを特徴とするめっき装置。

2. 前記脱気装置の下流側に、めっき液の溶存酸素濃度をモニタする装置を更に備えたことを特徴とする請求項1記載のめっき装置。

3. 前記脱気装置は、少なくとも脱気膜と真空ポンプとを有しており、該脱気装置の減圧側の圧力を制御することを特徴とする請求項1記載のめっき装置。

4. 前記脱気装置の下流側に、めっき液の溶存酸素濃度をモニタする装置を更に備えたことを特徴とする請求項3記載のめっき装置。

5. めっき槽内に保持しためっき液中に浸漬させた基板とアノードとの間に隔膜を配置し、この隔膜で区画されためっき槽の各領域内にめっき液を循環させて電解めっきを行うにあたり、脱気装置を介して、溶存酸素濃度が 4 mg/l (4 ppm) から $1\text{ }\mu\text{g/l}$ (1 ppb) の間になるようにめっき液を管理しながらめっきすることを特徴とするめっき方法。

6. 基板を収納したカセットを搭載するカセットテーブルと、

基板の端部及び裏面を気密的にシールし表面を露出させて保持する開閉自在な

基板ホルダと、

前記基板ホルダを載置して基板の着脱を行う基板着脱部と、

前記カセットテーブルと前記基板着脱部との間で基板を搬送する基板搬送装置と、

基板を垂直に立てて前記基板ホルダと共に収納し下からめっき液を注入してアノードと対面する基板の表面にめっきを施すめっき槽と、

前記基板ホルダを把持して昇降自在なトランスポータを備え、前記基板着脱部と前記めっき槽との間で前記基板ホルダを搬送する基板ホルダ搬送装置とを有することを特徴とするめっき装置。

7. 前記めっき槽は、内部に1枚の基板を収納してめっきを施すようした複数のめっきユニットを、内部に空電解用の電極を配置したオーバーフロー槽内に収納して構成されていることを特徴とする請求項6記載のめっき装置。

8. 前記各めっきユニットの内部に、前記アノードと基板との間に位置してめっき液を攪拌するパドルを往復移動自在に配置したことを特徴とする請求項7記載のめっき装置。

9. 前記基板ホルダ搬送装置の前記めっき槽を挟んだ反対側に前記パドルを駆動するパドル駆動装置を配置したことを特徴とする請求項8記載のめっき装置。

10. 異なる種類のめっきを行うめっき槽を備え、これらの各めっき槽は、各めっきを行うめっきユニットを各オーバーフロー槽内にそれぞれ収納して構成されていることを特徴とする請求項6記載のめっき装置。

11. 前記各めっきユニットの内部に、前記アノードと基板との間に位置してめっき液を攪拌するパドルを往復移動自在に配置したことを特徴とする請求項10記載のめっき装置。

12. 前記基板ホルダ搬送装置の前記めっき槽を挟んだ反対側に前記パドルを駆動するパドル駆動装置を配置したことを特徴とする請求項1記載のめっき装置。

13. 前記めっき槽の一側面に沿った位置に局所排気ダクトを設けたことを特徴とする請求項6記載のめっき装置。

14. 前記基板着脱部とめっき槽との間に前記基板ホルダを縦置きで収納するストッカを配置し、前記基板ホルダ搬送装置は、第1のトランスポートと第2のトランスポートとを有することを特徴とする請求項6記載のめっき装置。

15. 前記基板着脱部は、前記基板ホルダに基板を装着した時の該基板と接点との接触状態を確認するセンサを備え、前記第2のトランスポートは、前記基板と接点との接触状態が良好なもののみを後工程に搬送することを特徴とする請求項14記載のめっき装置。

16. 前記基板ホルダ搬送装置は、前記トランスポートの移動方式としてリニアモータ方式を採用していることを特徴とする請求項14記載のめっき装置。

17. 前記ストッカと前記めっき槽との間に、ブリュエット槽、ブロー槽及び水洗槽を配置したことを特徴とする請求項14記載のめっき装置。

18. 前記基板着脱部は、前記基板ホルダに基板を装着した時の該基板と接点との接触状態を確認するセンサを備え、前記第2のトランスポートは、前記基板と接点との接触状態が良好なもののみを後工程に搬送することを特徴とする請求項17記載のめっき装置。

19. 前記基板ホルダ搬送装置は、前記トランスポートの移動方式としてリニア

モータ方式を採用していることを特徴とする請求項 1 記載のめっき装置。

20. 前記基板着脱部は、前記基板ホルダを 2 個横方向にスライド自在に並列して載置できるように構成されていることを特徴とする請求項 6 記載のめっき装置。

21. 配線が形成された基板の上に突起状電極を形成するめっき装置であって、
基板カセットを置くカセットテーブルと、
基板にめっきを施すめっき槽と、
めっきされた基板を洗浄する洗浄装置と、
洗浄された基板を乾燥させる乾燥装置と、
めっき槽内のめっき液を脱気する脱気装置と、
めっき液の成分を分析し、この分析結果に基づいてめっき液に成分を追加するめっき液管理装置と、
基板を搬送する基板搬送装置とを備えたことを特徴とする突起状電極形成用めっき装置。

22. 前記基板搬送装置の少なくとも一部は、リニアモータ方式で移動して基板を搬送するように構成されていることを特徴とする請求項 21 記載の突起状電極形成用めっき装置。

23. 前記めっき液管理装置は、フィードフォワード制御とフィードバック制御によってめっき液に成分の追加を行うことを特徴とする請求項 21 記載の突起状電極形成用めっき装置。

24. 前記めっき槽は、基板を垂直乃至垂直に対してやや傾斜させた状態で基板にめっきを施すように構成されていることを特徴とする請求項 21 記載の突起状電極形成用めっき装置。

25. 前記めっき槽内を該めっき槽内に保持された基板とほぼ平行にめっき液が流れるようにしたことを特徴とする請求項24記載の突起状電極形成用めっき装置。

26. 基板は、基板ホルダに保持されて、めっき、洗浄及び乾燥処理が施されることを特徴とする請求項21記載の突起状電極形成用めっき装置。

27. 前記基板ホルダから取り出しためっき後の基板を乾燥させる乾燥装置を更に有することを特徴とする請求項26記載の突起状電極形成用めっき装置。

28. 前記洗浄装置と前記乾燥装置は、一体に構成されていることを特徴とする請求項21記載の突起状電極形成用めっき装置。

29. 前記めっき槽は、内部に1枚の基板を収納してめっきを施すようにした複数のめっきユニットをオーバーフロー槽内に収納して構成されていることを特徴とする請求項21記載の突起状電極形成用めっき装置。

30. 基板に通電して該基板をカソードとなす導電体及び金属接点をステンレス製とするか、またはこれらの部材の少なくとも他の部材との当接面を金または白金で被覆したことを特徴とする請求項21記載の突起状電極形成用めっき装置。

31. 前記めっき槽の内部には、カソードとなる基板と該基板と対面するアノードとの間に位置して、レギュレーションプレートが配置されていることを特徴とする請求項21記載の突起状電極形成用めっき装置。

32. 基板と基板に通電して該基板をカソードとなす電気接点との接触状態を確認するセンサを有することを特徴とする請求項21記載の突起状電極形成用めっき装置。

33. 前記めっき液管理装置は、前記カセットテーブル、めっき槽、洗浄装置、乾燥装置、脱気装置及び基板搬送装置を収納したハウジングの内部に配置されていることを特徴とする請求項2記載の突起状電極形成用めっき装置。

34. 前記めっき液管理装置は、前記カセットテーブル、めっき槽、洗浄装置、乾燥装置、脱気装置及び基板搬送装置を収納したハウジングの外部に配置されていることを特徴とする請求項2記載の突起状電極形成用めっき装置。

35. 配線が形成された基板の上に突起状電極を形成するめっき装置であって、
基板カセットを置くカセットテーブルと、
基板に対して濡れ性を良くするためのプリウエット処理を施すプリウエット槽と、
該プリウエット槽でプリウエット処理を施した基板にめっきを施すめっき槽と、
めっきされた基板を洗浄する洗浄装置と、
洗浄された基板を乾燥させる乾燥装置と、
めっき槽内のめっき液を脱気する脱気装置と、
基板を搬送する基板搬送装置とを備えたことを特徴とする突起状電極形成用めっき装置。

36. 前記基板搬送装置の少なくとも一部は、リニアモータ方式で移動して基板を搬送するように構成されていることを特徴とする請求項35記載の突起状電極形成用めっき装置。

37. 前記めっき槽は、基板を垂直乃至垂直に対してやや傾斜させた状態で基板にめっきを施すようにしたことを特徴とする請求項35記載の突起状電極形成用めっき装置。

38. 前記めっき槽内を該めっき槽内に保持された基板とほぼ平行にめっき液が流れるようにしたことを特徴とする請求項37記載の突起状電極形成用めっき装置。

39. 前記基板は、基板ホルダに保持されて、プリウエット、めっき、洗浄及び乾燥処理が施されるようにしたことを特徴とする請求項35記載の突起状電極形成用めっき装置。

40. 前記基板ホルダから取り出しためっき後の基板を乾燥させる乾燥装置を更に有することを特徴とする請求項39記載の突起状電極形成用めっき装置。

41. 前記洗浄装置と前記乾燥装置は、一体に構成されていることを特徴とする請求項35記載の突起状電極形成用めっき装置。

42. 前記めっき槽は、内部に1枚の基板を収納してめっきを施すようにした複数のめっきユニットをオーバーフロー槽内に収納して構成されていることを特徴とする請求項35記載の突起状電極形成用めっき装置。

43. 基板に通電して該基板をカソードとなす導電体及び金属接点をステンレス製とするか、またはこれらの部材の少なくとも他の部材との当接面を金または白金で被覆したことを特徴とする請求項35記載の突起状電極形成用めっき装置。

44. 前記めっき槽の内部には、カソードとなる基板と該基板と対面するアノードとの間に位置して、レギュレーションプレートが配置されていることを特徴とする請求項35記載の突起状電極形成用めっき装置。

45. 基板と基板に通電して該基板をアノードとなす電気接点との接触状態を確認するセンサを有することを特徴とする請求項35記載の突起状電極形成用め

き装置。

4 6．配線が形成された基板の上に突起状電極を形成するめっき装置であって、
基板カセットを置くカセットテーブルと、
基板に対してブリソーク処理を施すブリソーク槽と、
該ブリソーク槽でブリソーク処理を施した基板にめっきを施すめっき槽と、
めっきされた基板を洗浄する洗浄装置と、
洗浄された基板を乾燥させる乾燥装置と、
めっき槽内のめっき液を脱気する脱気装置と、
基板を搬送する基板搬送装置とを備えたことを特徴とする突起状電極形成用め
っき装置。

4 7．前記基板搬送装置の少なくとも一部は、リニアモータ方式で移動して基板
を搬送するように構成されていることを特徴とする請求項 4 6 記載の突起状電極
形成用めっき装置。

4 8．前記めっき槽は、基板を垂直乃至垂直に対してやや傾斜させた状態で基板
にめっきを施すように構成されていることを特徴とする請求項 4 6 記載の突起状
電極形成用めっき装置。

4 9．前記めっき槽内を該めっき槽内に保持された基板とほぼ平行にめっき液が
流れるようにしたことを特徴とする請求項 4 8 記載の突起状電極形成用めっき装
置。

5 0．前記基板は、基板ホルダに保持されて、ブリソーク、めっき、洗浄及び乾
燥処理が施されるようにしたことを特徴とする請求項 4 6 記載の突起状電極形成
用めっき装置。

5 1. 前記基板ホルダから取り出しためっき後の基板を乾燥させる乾燥装置を更に有することを特徴とする請求項 5 0 記載の突起状電極形成用めっき装置。

5 2. 前記洗浄装置と前記乾燥装置は、一体に構成されていることを特徴とする請求項 4 6 記載の突起状電極形成用めっき装置。

5 3. 前記めっき槽は、内部に 1 枚の基板を収納してめっきを施すようにした複数のめっきユニットをオーバーフロー槽内に収納して構成されていることを特徴とする請求項 4 6 記載の突起状電極形成用めっき装置。

5 4. 基板に通電して該基板をカソードとなす導電体及び金属接点をステンレス製とするか、またはこれらの部材の少なくとも他の部材との当接面を金または白金で被覆したことを特徴とする請求項 4 6 記載の突起状電極形成用めっき装置。

5 5. 前記めっき槽の内部には、カソードとなる基板と該基板と対面するアノードとの間に位置して、レギュレーションプレートが配置されていることを特徴とする請求項 4 6 記載の突起状電極形成用めっき装置。

5 6. 基板と基板に通電して該基板をアノードとなす接点との接触状態を確認するセンサを有することを特徴とする請求項 4 6 記載の突起状電極形成用めっき装置。

5 7. 少なくとも 2 種類以上の金属をめっきして基板の上に突起状電極を形成するめっき装置であって、

前記各金属のめっきを個別に施す複数のめっき槽と、基板を搬送する基板搬送装置とを備え、前記複数のめっき槽は、前記基板搬送装置の基板搬送経路に沿って配置されていることを特徴とする突起状電極形成用めっき装置。

58. 前記基板搬送装置の少なくとも一部は、リニアモータ方式で移動するように構成されていることを特徴とする請求項57記載の突起状電極形成用めっき装置。

59. 前記めっき槽は、基板を垂直乃至垂直に対してやや傾斜させた状態で該基板にめっきを施すようにしたことを特徴とする請求項57記載の突起状電極形成用めっき装置。

60. 前記めっき槽内を該めっき槽内に保持された基板と平行にめっき液が流れるようにしたことを特徴とする請求項59記載の突起状電極形成用めっき装置。

61. 前記基板は、基板ホルダに保持された状態で2種類以上の金属のめっき処理を施されるようにしたことを特徴とする請求項57記載の突起状電極形成用めっき装置。

62. 前記基板ホルダから取り出しためっき後の基板を乾燥させる乾燥装置を更に有することを特徴とする請求項61記載の突起状電極形成用めっき装置。

63. 前記めっき槽は、内部に1枚の基板を収納してめっきを施すようにした複数のめっきユニットをオーバーフロー槽内に収納して構成されていることを特徴とする請求項57記載の突起状電極形成用めっき装置。

64. 基板に通電して該基板をカソードとなす導電体及び金属接点をステンレス製とするか、またはこれらの部材の少なくとも他の部材との当接面を金または白金で被覆したことを特徴とする請求項57記載の突起状電極形成用めっき装置。

65. 前記めっき槽の内部には、カソードとなる基板と該基板と対面するアノードとの間に位置して、レギュレーションプレートが配置されていることを特徴と

する請求項 5 7 記載の突起状電極形成用めっき装置。

6 6 . 基板と基板に通電して該基板をアノードとなす接点との接触状態を確認するセンサを有することを特徴とする請求項 5 7 記載の突起状電極形成用めっき装置。

6 7 . 配線が形成された基板の上に突起状電極を形成するめっき装置であって、
基板カセットを置くカセットテーブルと、
基板にめっきを施すめっき槽と、
めっきされた基板を洗浄する洗浄装置と、
洗浄された基板を乾燥させる乾燥装置と、
めっき槽内のめっき液を脱気する脱気装置と、
前記めっき後の基板をアニールするアニール部と、
基板を搬送する基板搬送装置とを備えたことを特徴とする突起状電極形成用めっき装置。

6 8 . 基板の上に積層したマスク用のレジストを剥離して除去するレジスト剥離部を更に有することを特徴とする請求項 6 7 記載の突起状電極形成用めっき装置。

6 9 . 基板の表面に形成し、めっき後に不要となったシード層を除去するシード層除去部を更に有することを特徴とする請求項 6 8 記載の突起状電極形成用めっき装置。

7 0 . 配線が形成された基板の上に突起状電極を形成するにあたり、
カセットから取り出した基板を基板ホルダで保持する工程と、
この基板ホルダで保持した基板にブリュエット処理を施す工程と、
このブリュエット後の基板を基板ホルダごとめっき液中に浸漬させて基板の表面にめっきを施す工程と、

このめっき後の基板を基板ホルダごと洗浄し乾燥する工程と、

この洗浄・乾燥後の基板を基板ホルダから取り出して基板のみを乾燥する工程とを有することを特徴とするめっき方法。

7 1. 配線が形成された基板の上に突起状電極を形成するにあたり、

カセットから取り出した基板を基板ホルダで保持する工程と、

この基板ホルダで保持した基板にプリソーク処理を施す工程と、

このプリソーク後の基板を基板ホルダごとめっき液中に浸漬させて基板の表面にめっきを施す工程と、

このめっき後の基板を基板ホルダごと洗浄し乾燥する工程と、

この洗浄・乾燥後の基板を基板ホルダから取り出して基板のみを乾燥する工程とを有することを特徴とするめっき方法。

開示の要約

この発明は、例えば半導体ウェハ等の表面に設けられた微細な配線用溝やプラグ、レジスト開口部にめっき膜を形成したり、半導体ウェハの表面にパンプ（突起状電極）を形成するのに使用して好適なめっき装置に関する。この発明は、基板の端部及び裏面を気密的にシールし表面を露出させて保持する開閉自在な基板ホルダと、めっき液中にアノードを浸漬させて該めっき液を保持するめっき槽と、前記めっき槽内に位置して前記アノードと前記基板ホルダで保持した基板との間に配置される隔膜と、前記めっき槽内の前記隔膜で区画された各領域内にめっき液を循環させるめっき液循環系と、前記めっき液循環系の少なくとも一方に設けられた脱気装置とを有することを特徴とする。

図1
図2
図3
図4
図5
図6
図7
図8
図9
図10
図11
図12
図13
図14
図15
図16
図17
図18
図19
図20
図21
図22
図23
図24
図25
図26
図27
図28
図29
図30
図31
図32
図33
図34
図35
図36
図37
図38
図39
図40
図41
図42
図43
図44
図45
図46
図47
図48
図49
図50
図51
図52
図53
図54
図55
図56
図57
図58
図59
図60
図61
図62
図63
図64
図65
図66
図67
図68
図69
図70
図71
図72
図73
図74
図75
図76
図77
図78
図79
図80
図81
図82
図83
図84
図85
図86
図87
図88
図89
図90
図91
図92
図93
図94
図95
図96
図97
図98
図99
図100
図101
図102
図103
図104
図105
図106
図107
図108
図109
図110
図111
図112
図113
図114
図115
図116
図117
図118
図119
図120
図121
図122
図123
図124
図125
図126
図127
図128
図129
図130
図131
図132
図133
図134
図135
図136
図137
図138
図139
図140
図141
図142
図143
図144
図145
図146
図147
図148
図149
図150
図151
図152
図153
図154
図155
図156
図157
図158
図159
図160
図161
図162
図163
図164
図165
図166
図167
図168
図169
図170
図171
図172
図173
図174
図175
図176
図177
図178
図179
図180
図181
図182
図183
図184
図185
図186
図187
図188
図189
図190
図191
図192
図193
図194
図195
図196
図197
図198
図199
図200
図201
図202
図203
図204
図205
図206
図207
図208
図209
図210
図211
図212
図213
図214
図215
図216
図217
図218
図219
図220
図221
図222
図223
図224
図225
図226
図227
図228
図229
図230
図231
図232
図233
図234
図235
図236
図237
図238
図239
図240
図241
図242
図243
図244
図245
図246
図247
図248
図249
図250
図251
図252
図253
図254
図255
図256
図257
図258
図259
図260
図261
図262
図263
図264
図265
図266
図267
図268
図269
図270
図271
図272
図273
図274
図275
図276
図277
図278
図279
図280
図281
図282
図283
図284
図285
図286
図287
図288
図289
図290
図291
図292
図293
図294
図295
図296
図297
図298
図299
図300
図301
図302
図303
図304
図305
図306
図307
図308
図309
図310
図311
図312
図313
図314
図315
図316
図317
図318
図319
図320
図321
図322
図323
図324
図325
図326
図327
図328
図329
図330
図331
図332
図333
図334
図335
図336
図337
図338
図339
図340
図341
図342
図343
図344
図345
図346
図347
図348
図349
図350
図351
図352
図353
図354
図355
図356
図357
図358
図359
図360
図361
図362
図363
図364
図365
図366
図367
図368
図369
図370
図371
図372
図373
図374
図375
図376
図377
図378
図379
図380
図381
図382
図383
図384
図385
図386
図387
図388
図389
図390
図391
図392
図393
図394
図395
図396
図397
図398
図399
図400
図401
図402
図403
図404
図405
図406
図407
図408
図409
図410
図411
図412
図413
図414
図415
図416
図417
図418
図419
図420
図421
図422
図423
図424
図425
図426
図427
図428
図429
図430
図431
図432
図433
図434
図435
図436
図437
図438
図439
図440
図441
図442
図443
図444
図445
図446
図447
図448
図449
図450
図451
図452
図453
図454
図455
図456
図457
図458
図459
図460
図461
図462
図463
図464
図465
図466
図467
図468
図469
図470
図471
図472
図473
図474
図475
図476
図477
図478
図479
図480
図481
図482
図483
図484
図485
図486
図487
図488
図489
図490
図491
図492
図493
図494
図495
図496
図497
図498
図499
図500
図501
図502
図503
図504
図505
図506
図507
図508
図509
図510
図511
図512
図513
図514
図515
図516
図517
図518
図519
図520
図521
図522
図523
図524
図525
図526
図527
図528
図529
図530
図531
図532
図533
図534
図535
図536
図537
図538
図539
図540
図541
図542
図543
図544
図545
図546
図547
図548
図549
図550
図551
図552
図553
図554
図555
図556
図557
図558
図559
図560
図561
図562
図563
図564
図565
図566
図567
図568
図569
図570
図571
図572
図573
図574
図575
図576
図577
図578
図579
図580
図581
図582
図583
図584
図585
図586
図587
図588
図589
図590
図591
図592
図593
図594
図595
図596
図597
図598
図599
図600
図601
図602
図603
図604
図605
図606
図607
図608
図609
図610
図611
図612
図613
図614
図615
図616
図617
図618
図619
図620
図621
図622
図623
図624
図625
図626
図627
図628
図629
図630
図631
図632
図633
図634
図635
図636
図637
図638
図639
図640
図641
図642
図643
図644
図645
図646
図647
図648
図649
図650
図651
図652
図653
図654
図655
図656
図657
図658
図659
図660
図661
図662
図663
図664
図665
図666
図667
図668
図669
図670
図671
図672
図673
図674
図675
図676
図677
図678
図679
図680
図681
図682
図683
図684
図685
図686
図687
図688
図689
図690
図691
図692
図693
図694
図695
図696
図697
図698
図699
図700
図701
図702
図703
図704
図705
図706
図707
図708
図709
図710
図711
図712
図713
図714
図715
図716
図717
図718
図719
図720
図721
図722
図723
図724
図725
図726
図727
図728
図729
図730
図731
図732
図733
図734
図735
図736
図737
図738
図739
図740
図741
図742
図743
図744
図745
図746
図747
図748
図749
図750
図751
図752
図753
図754
図755
図756
図757
図758
図759
図760
図761
図762
図763
図764
図765
図766
図767
図768
図769
図770
図771
図772
図773
図774
図775
図776
図777
図778
図779
図780
図781
図782
図783
図784
図785
図786
図787
図788
図789
図790
図791
図792
図793
図794
図795
図796
図797
図798
図799
図800
図801
図802
図803
図804
図805
図806
図807
図808
図809
図810
図811
図812
図813
図814
図815
図816
図817
図818
図819
図820
図821
図822
図823
図824
図825
図826
図827
図828
図829
図830
図831
図832
図833
図834
図835
図836
図837
図838
図839
図840
図841
図842
図843
図844
図845
図846
図847
図848
図849
図850
図851
図852
図853
図854
図855
図856
図857
図858
図859
図860
図861
図862
図863
図864
図865
図866
図867
図868
図869
図870
図871
図872
図873
図874
図875
図876
図877
図878
図879
図880
図881
図882
図883
図884
図885
図886
図887
図888
図889
図890
図891
図892
図893
図894
図895
図896
図897
図898
図899
図900
図901
図902
図903
図904
図905
図906
図907
図908
図909
図910
図911
図912
図913
図914
図915
図916
図917
図918
図919
図920
図921
図922
図923
図924
図925
図926
図927
図928
図929
図930
図931
図932
図933
図934
図935
図936
図937
図938
図939
図940
図941
図942
図943
図944
図945
図946
図947
図948
図949
図950
図951
図952
図953
図954
図955
図956
図957
図958
図959
図960
図961
図962
図963
図964
図965
図966
図967
図968
図969
図970
図971
図972
図973
図974
図975
図976
図977
図978
図979
図980
図981
図982
図983
図984
図985
図986
図987
図988
図989
図990
図991
図992
図993
図994
図995
図996
図997
図998
図999
図1000